

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Д.СЕРІКБАЕВ АТЫНДАҒЫ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»
КЕАҚ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НАО «ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Д.СЕРИКБАЕВА»



D. Serikbayev
**EAST
KAZAKHSTAN
TECHNICAL
UNIVERSITY**



**EKTU
ISTC**

X Халықаралық ғылыми-
техникалық конференция
X International scientific and
technical conference



«ЖАСТАРДЫҢ ШЫҒАРМАШЫЛЫҒЫ - ҚАЗАҚСТАННЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУЫНА»

**Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына арналған студенттердің,
магистранттар, докторанттар мен жас ғалымдардың X
Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының
МАТЕРИАЛДАРЫ**

11, 12 сәуір 2024 жыл

I бөлім

«ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА»

МАТЕРИАЛЫ

**X Международной научно-технической конференции студентов,
магистрантов, докторантов и молодых ученых, посвященной
125-летию Каныша Сатпаева**

11 -12 апреля 2024 года

Часть I

Өскемен
Усть-Каменогорск
2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
Д. СЕРІКБАЕВ АТЫНДАҒЫ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН
ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д. СЕРИКБАЕВА

**«ЖАСТАРДЫҢ ШЫҒАРМАШЫЛЫҒЫ – ҚАЗАҚСТАННЫҢ
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУЫНА»**

Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына арналған
студенттердің, магистранттар, докторанттар мен жас ғалымдардың
X Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының
МАТЕРИАЛДАРЫ

11, 12 сәуір 2024 жыл

I бөлім

**«ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – ИННОВАЦИОННОМУ
РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА»**

МАТЕРИАЛЫ

X Международной научно-технической конференции
студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых,
посвященной 125-летию Каныша Сатпаева

11, 12 апреля 2024 г.

Часть I

Өскемен
Усть-Каменогорск
2024 г.

УДК 001
ББК 72
Ж 33

Главный редактор: к.т.н. С.Ж. Рахметуллина
Зам. главного редактора: к.э.н. Ж.Т. Конурбаева

Редакционная коллегия: PhD С.Р. Байгереев, PhD Д.К. Ескермесов, к.т.н. Р.У. Мукашева, PhD М.Ә. Әділқанова, старший преподаватель М.Т. Төреханова

Жастардың шығармашылығы – Қазақстанның инновациялық дамуына: Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына арналған студенттердің, магистранттар, докторанттар мен жас ғалымдардың X Халықаралық ғылыми-техникалық конф. материалдары, 11, 12 сәуір 2024 ж. = **Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана:** Материалы X Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых, 11, 12 апреля 2024 г. – Өскемен: ШҚТУ, 2024. – I б. – 420 б. – қазақша, орысша.

ISBN 978-601-208-836-6 (I б.)

ISBN 978-601-208-835-9

В сборник материалов конференции вошли доклады и сообщения, отражающие влияние развития искусственного интеллекта на современную инженерию. Большое внимание уделено вопросам внедрения прогрессивных технологий: в механике, металлообработке и машиностроении; в металлургии и обогащении полезных ископаемых; в математике и вычислительной технике; в технической физике и материаловедении; в транспорте, транспортной технике и технологии.

Сборник рассчитан на студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых вузов.

УДК 001
ББК 72

Печатается по разрешению редакционно-издательского совета университета.

ISBN 978-601-208-836-6 (I б.)
ISBN 978-601-208-835-9

© ВКТУ им. Д. Серикбаева, 2024

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СОВРЕМЕННУЮ ИНЖЕНЕРИЮ

УДК 629.11

Абдрахманов Ә.Қ. (23-МТТ-2т, ВКТУ), Муздыбаев М.С. (к.т.н., ВКТУ),
Мырзабекова Д.М. (PhD, ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОЛЕС ДЛЯ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКИ

***Аннотация.** В данной работе проводится исследование и обоснование конструкции специализированных колес для инвалидной коляски с целью повышения маневренности, проходимости инвалидной коляски и экономии временных ресурсов во время эксплуатации. Исследование включает в себя анализ существующих работ направленных на минимизацию проблемных моментов путем улучшения конструкционных качеств и технических параметров а также на устранение в целом данной проблемы путем создания новых аналогов с более высокими характеристиками. Результаты данной работы могут быть использованы для улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями и повышения комфорта и безопасности их передвижения.*

***Ключевые слова:** инвалидная коляска, конструкция колес, специализированные колеса, маневренность, колесо-всенаправленное, проходимость, шагающий движитель.*

Актуальность работы.

Вопрос о повышении качества жизни маломобильных групп граждан на сегодняшний день является актуальным, так как они испытывают затруднения при передвижении с помощью инвалидных колясок, получении услуг, участии в производственных процессах, общественной и социальной жизни.

Обоснованием необходимости проведения научно-исследовательской работы является конструкция специализированных колес для инвалидной коляски, в которой остро нуждаются люди с ограниченной возможностью для передвижения по лестничным маршам и во всех направлениях плоскости включая возможности поворота вокруг своей оси.

Инвалидные коляски являются основным средством передвижения для многих людей с физическими ограничениями, и их эффективность и комфортность играют важную роль в повседневной жизни.

Известно, что траектории передвижения и передвижение при разных условиях инвалидной коляски зависит от конструкции колес инвалидной коляски. Существующие инвалидные коляски не имеют достаточной эффективности передвижения при поворотах и проходимости во время использования на подъемах и спусках по лестнице, что создает необходимость изменении в этих частях инвалидной коляски.

Усовершенствование конструкции эксплуатируемых или разработка новых конструкции инвалидных колясок или его составляющих обеспечивающие улучшение технических характеристик, а также удобность

использования для пользователя направленное на улучшение качества жизни людей с ограниченными возможностями будут актуальны всегда, пока инвалидные коляски будут в эксплуатации.

Степень изученности по проблемному подходу. При использовании инвалидной коляски проблематичными считаются передвижение через лестничные ступени и маневренность инвалидной коляски, а также удобство ее использования для пользователя.

Для решения данных проблем проводились многократные исследования в которых были предложены различные подходы к улучшению конструкции колес, включая использование новых материалов, оптимизацию формы и размеров, а также разработку новых технологий производства.

Авторами Старостин Д.В., Величко И.С. и Кундышев М.Н было проведено исследование [4], в котором были представлены результаты теоретических и натурных испытаний инвалидных колясок как базовой комплектации, т.е. несамоходных, в том числе оборудованных исключительно амортизированными колесами без электрического двигателя, так и самоходных с модернизированной ходовой частью, оборудованных только мотор-колесами, а также, в качестве перспективного варианта, самоходных, оборудованных одновременно амортизированными и мотор-колесами. Данная работа была направлена на разработку колес, что сэкономило бы энергетические ресурсы а так же обеспечило бы комфортное перемещения пользователя по неровностям дороги.

В работе [2] авторов Бекмамбет К.М., Кайнарбеков А.К., Ниязова Ж.К., и Асемханулы А. рекомендованы принципы образования схем механизмов опорно-двигательных аппаратов, позволяющие принимать оптимальное решение при проектировании шагающих движителей в зависимости от области их применения. В работе была рассмотрена конструктивная схема колесно-шагающего устройства и кинемостатика трехспицевого шагающего колеса «қаңбақ».

Наиболее перспективным и современным с точки зрения решения проблемы передвижения инвалидной коляски через лестничные ступени предоставил автор Ниязова Ж.К в работе [1]. Автор в своем исследовании описал разработку новой кинематико-конструктивной схемы шагающего движителя, для инвалидной коляски который может передвигаться по лестничным маршам и его параметры. Но данная модель инвалидной коляски не имеет достаточной маневренности и функции поворот вокруг своей оси и всенаправленное движение.

Работа [3] Никифорова Т.А была направлена на применение всенаправленных колес на мобильной платформе с целью повышения мобильности совершения маневров в условиях ограниченного пространства. Автор провел анализ использования всенаправленных колес в разных видах техники и описал конструкцию, принцип работы всенаправленных колес. В своей работе автор так же упомянул всенаправленную инвалидную коляску, разрабатываемой в Центре интеллектуальных систем обработки информации Университета Западной Австралии (CIIPS), которая позволяет пользователю легко маневрировать в сложных условиях, но не описал весь процесс разработки, а также данные о дальнейшей эксплуатации инвалидной коляски.

В работе [5] авторов В. И. Барсов, Е. Ю. Костерная были рассмотрены возможные варианты перемещения мобильной платформы в условиях ограниченного пространства, при наличии препятствий. Было выполнено компьютерное моделирование, описывающее голономное движение мобильной платформы с всенаправленными колесами и в среде Matlab Simulink.

Работа [7] авторов Муратов А.М., Кайнарбеков А.К., Ниязова Ж.К., и Асемханулы А. направлена на создание новой конструкции инвалидной коляски, способной передвигаться по лестничным маршам жилых зданий, а также по бездорожью (проходы через бордюры, по стерне, по газонам, местам подтопления и связанной с этим грязи). В тоже время коляска должна быть способной передвигаться по асфальтированным или вымощенным тротуарной плиткой дорогам так же легко и с комфортом, как передвигается коляска на обычных колесах. Основанием для достижения данной цели являлось разработанная новая конструкция колеса-гусеницы.

В работе [6] авторов Муратов А.М., Кайнарбеков А.К. был выполнен обобщенный анализ движения пневмоколеса в целях разработки способов его модернизации для повышения проходимости в условиях бездорожья. В работе рассмотрены способы модернизации шагающего колеса, которое «перешагивает» многие неровности, но при этом приобретает дефект движения.

Исследования были направлены на минимизацию проблемных моментов улучшая конструкционные качества и технические параметры и на полностью устранение данной проблемы путем создания новых аналогов с более высокими характеристиками.

В данном исследовании будет разработана конструкция колес инвалидной коляски, которая суммирует все результаты выше приведенных исследований.

Рабочая гипотеза. Предполагается что использование инвалидной коляски со специализированными колесами имеющее способность передвижения во всех направлениях плоскости с возможностью поворота вокруг своей оси и конструкцию способную передвигаться шагающими движениями при эксплуатации на лестнице даст эффективные показатели передвижения а также значительно сократит время проходимости при использовании на лестничных маршах.

Объект исследования.

Конструкция специализированных колес для инвалидной коляски.

Предмет исследования.

Процесс передвижения инвалидной коляски по лестничному маршу.

Цель исследования.

Повышение маневренности и проходимости и экономия ресурсов времени при движении инвалидной коляски по лестничному маршу. Цель достигается путем разработки конструкции специализированных колес для инвалидной коляски, обеспечивающее передвижение во всех направлениях плоскости, включая движение по диагонали и возможность поворота вокруг своей оси и передвижение по лестничным маршам и определение его основных параметров.

Задачи исследования.

В связи с поставленной целью в исследовании решаются следующие задачи:

- провести анализ и исследование в сфере конструкции колес существующих инвалидных колясок;

- провести моделирование процессов движения специализированных колес, позволяющие определить его параметры для конструирования;

- разработать новую кинематико-конструктивную схему конструкции специализированных колес для инвалидной коляски;

- изготовить физическую модель конструкции специализированных колес;

- провести экспериментальные исследования конструкции специализированных колес для инвалидной коляски в выбранных условиях эксплуатации с учетом ограничений и допущений;

- оценить экономическую эффективность применения специализированных колес для инвалидной коляски.

Практическая значимость работы.

Во первых, практическая значимость работы состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы в качестве базы исследовательской, аналитической и проектной деятельности авторов, рассматривающих тему улучшения технических характеристик и повышения эффективности и удобства для пользователя при использовании инвалидной коляски.

Во вторых, практическая значимость состоит в возможности использования результатов исследования в повседневной жизни людей с проблемами опорно-двигательного аппарата и для людей, пользующихся инвалидными колясками.

В третьих, конструкция специализированных колес для инвалидной коляски позволит передвижение во всех направлениях плоскости, включая движение по диагонали и поворот вокруг своей оси и обеспечит проходимость по лестничным маршам.

Основные свойства инвалидной коляски, на улучшение которых направлено исследование:

- проходимость;
- маневренность.

Научная новизна работы состоит в разработке принципиально новой конструкции специализированных колес для инвалидной коляски, которая отличается от существующих аналогов тем, что позволяет инвалидной коляске передвигаться во всех направлениях в плоскости и обеспечивает проходимость инвалидной коляски по лестничным маршам шагающими движениями при эксплуатации.

Применяемые методы. В работе использованы методы классической теории механизмов и машин, а также использованы методы кинематического и динамического анализа движителей надземных транспортных средств.

Для проведения исследования используются следующие научные подходы и методы:

1. Системный анализ - для изучения существующих конструкций колес и выявления их преимуществ и недостатков.

2. Экспериментальные исследования - для оценки характеристик новой конструкции колес и сравнения их с характеристиками существующих конструкций.

3. Аналитические методы - для обработки полученных результатов и выявления закономерностей и зависимостей.

4. Математическое моделирование - для определения оптимальных параметров новой конструкции колес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 Исследование движителей транспортных средств и разработка рациональной их конструкции на примере инвалидной коляски: диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)/Ниязова Ж.К./ Казахский Университет Путей Сообщения – Алматы, 2021.

2 Кинетостатика шагающего колеса надземных транспортных средств/ Кайнарбеков А., Бекмамбет К.М., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №2(63). – С. 26-3

3 Конструирование мотор-колеса всенаправленного движения для транспортной платформы складского хозяйства: бакалаврская работа /Никифоров Т.А. – Юрга, 2022 г.

4 Модернизация конструкции инвалидной коляски для лиц с ограниченными возможностями здоровья : сборник статей Международной научно-практической конференции/ Старостин Д.В., Величко И.С. и Кундышев М.Н – Пенза, 2021.

5 Моделирование мобильной платформы с всенаправленными колесами/ И. Барсов, Е. Ю. Костерная/ Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ» – Харьков, 218.

6 Обобщенный анализ движения пневмоколеса в целях разработки способов его модернизации для повышения проходимости в условиях бездорожья: статья в научном журнале / Муратов А.М., Кайнарбеков А.К.// Известия высших учебных заведений. Машиностроение Научный журнал. – 2014. – №10(655). – С. 41-45.

7 Разработка конструктивного решения инвалидной коляски повышенной проходимости/ Муратов А.М., Кайнарбеков А.К., Ниязова Ж.К., Асемханулы А./ Казахский Университет Путей Сообщения – Алматы, 2021.

УДК 537.525; 621.793, 621.793.182, 539.23

Азаматов Б. Н. (PhD, Smart Engineering, ВКТУ), Борисов А.А. (Smart Engineering, ВКТУ), Джес А.В. (PhD, ВКТУ), Калиев Д. (Smart Engineering, ВКТУ), Маратұлы Б. (Smart Engineering, ВКТУ)

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОНОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ CU-Nb И CU-Ta, НАНЕСЕННЫХ НА БИМЕДИЦИНСКИЙ СПЛАВ Ti-6Al-4V МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Аннотация. Двухкомпонентные металлические покрытия на основе Cu-Ta и Cu-Nb были получены методом магнетронного напыления при совместном распылении мишеней из чистых металлов Cu, Nb, Ta. Оценка антибактериальных и противомикробных свойств покрытий проводилась *in vitro* с использованием метода дисковой диффузии, также известного как метод радиальной диффузии в агар. Было установлено, что покрытия толщиной 10 мкм продемонстрировали различную степень антимикробной эффективности в течение трех дней тестирования: максимальная зона ингибирования покрытия Ta-Cu достигала 24,0 мм для *S. Aureus* и 17,0 мм для *C. Albicans*. Для покрытия Nb-Cu максимальная зона ингибирования достигала 25,0 мм для *S. Aureus* и 15,5 мм для *C. Albicans*. Подобраны режимы магнетронного напыления постоянного тока антибактериальных тонких пленок Ta-Cu Nb-Cu на подложки из сплава Ti-6Al-4V. Антимикробное действие покрытий Ta-Cu и Nb-Cu более эффективно против бактерий, чем против грибов, и при одинаковой толщине покрытия Ta-Cu лучше подходят для защиты эндопротеза от микробных инфекций, чем покрытия Nb-Cu. Полученные результаты перспективны для развития технологий получения покрытий для медицинских имплантатов с повышенными бактерицидными и биосовместимыми свойствами поверхности.

Ключевые слова: Титановые имплантаты, магнетронное напыление, антибактериальное покрытие.

Введение. Сплав Ti-6Al-4V используется в качестве биоматериала для изделий медицинского назначения в широких масштабах [1]. Для улучшения медицинских свойства этого сплава этих применяются многофункциональные покрытия [2]. Антибактериальными свойствами обладают некоторые металлы (а также их оксиды и нитриды) в настоящее время широко используемые в медицине [3, 4]. Клинические исследования показали, что имплантаты, изготовленные из титанового сплава Ti6Al4V, будут разъедаться жидкостями организма, выделяя токсичные ионы металлов с побочными эффектами, такие как V^{5+} и Al^{3+} , и вызывая местную иммунную дисфункцию, воспаление и цитотоксические реакции в организме человека, а также сплав Ti6Al4V сам по себе не обладает бактерицидной активностью, и даже более того - титановый сплав с богатой ванадием фазой может привлекать адгезию бактерий [5]. Поэтому клинические исследования по улучшению антикоррозионных и антибактериальных свойств сплава Ti6Al4V в настоящее время являются серьезной проблемой.

Для создания покрытий на поверхности имплантатов используется магнетронное напыление [6, 7].

В последние годы двухкомпонентные покрытия Cu-Ti, Cu-Ta, Cu-Nb, Ti-Ta и многокомпонентные покрытия Cu-Ta-Nb, Ti-Ta-Nb привлекли большое

внимание при модификации поверхности промышленных [8-16], и биомедицинских [17-19] материалов благодаря их превосходным физическим и химическим свойствам и биосовместимости. Также исследовались однокомпонентные пленки Nb [22, 23] и Ta [13, 24, 25], и пленки на основе оксидов Nb [26-28], Ta [17, 18, 29, 30] и Cu [31].

Чистая медь имеет плохие механические свойства, износостойкость и адгезию. Авторы [9 – 14, 23, 32-34] сообщают, что легирование медных покрытий Ti, Ta и Nb значительно увеличивает прочность, адгезию и износостойкость покрытий по сравнению с чистыми Cu, Ta, Ti и Nb.

Целью исследования является оценка антибактериальных свойств по отношению к *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* (in vitro) для однослойных двухкомпонентных покрытий Cu-Ta и Cu-Nb разной толщины на подложках из титанового сплава Ti-6Al-4V, чтобы получить максимальный антибактериальный эффект при необходимых и достаточных стабильности, механической прочности и химической стойкости, а также подобрать оптимальные режимы получения данных покрытий способом магнетронного осаждения постоянного тока.

Материалы и методы исследования. Магнетронное напыление меди на диски из титанового сплава осуществляли на установке EPOS-PVD-440 (Beams&Plasmas, г. Зеленоград), снабжённой тремя магнетронами постоянного тока (магнетрон-479, г. Зеленоград), ионным источником ИИ-400 (Beams&Plasmas, г. Зеленоград) и ВЧ-генератором GA 13.1 (НФР, г. Воронеж).

Определение антимикробной активности образцов в отношении штаммов *C. Albicans* и *S. Aureus*, осуществляли следующим методом дисковой диффузии.

Результаты и обсуждение. Зоны ингибирования бактерий *Staphylococcus aureus*, наблюдаемых в этом эксперименте для покрытий толщиной 10 мкм составили до 24,0 мм для Ta-Cu и до 25,0 мм для Nb-Cu. Для покрытий толщиной 2 мкм зоны ингибирования бактерий *Staphylococcus aureus* до 20 мм для Ta-Cu и 0 для Nb-Cu.

Зоны ингибирования бактерий *Candida albicans*, покрытия Ta-Cu толщиной 2 мкм проявили заметный противогрибковый эффект, создав зону замедленного роста протяженностью до 12 мм. Покрытия Ta-Cu толщиной 10 мкм были еще более эффективными, с зонами ингибирования в диапазоне от 13,0 до 17,0 мм. Покрытия Nb-Cu толщиной 10 мкм проявляли умеренный противогрибковый эффект, создавая зону задержки до 15,5 мм. Покрытия Nb-Cu толщиной 2 мкм не проявляли никакой противогрибковой активности.

Образец титанового сплава Ti-6Al-4V не влиял на рост и развитие исследуемых бактерий в течение заданного времени. В ходе исследований установлено, что образцы из чистой меди и сплава Ti-6Al-4V с покрытием оказывали ингибирующее действие на рост бактерий.

Выводы. Выполнена оценка антибактериальных свойств по отношению к *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* (in vitro) для покрытий Cu-Nb и Cu-Ta разной толщины на подложках из биомедицинского титанового сплава Ti-6Al-

4V. Сравнение зон ингибирования бактерий *Staphylococcus aureus*, наблюдаемых в этом эксперименте для покрытий толщиной 10 мкм: до 24,0 мм для Ta-Cu и до 25,0 мм для Nb-Cu. Для покрытий толщиной 2 мкм зоны ингибирования составили до 20 мм для Ta-Cu и 0 для Nb-Cu.

Покрытия Ta-Cu с толщиной в 2 микрона эффективно подавляли рост бактерий до 20,0 мм и грибов до 12,0 мм, в то время как покрытия Nb-Cu такой же толщины и подложки из сплава Ti6Al4V не оказывали ингибирующего действия ни на бактерии, ни на грибки.

Полученные результаты перспективны для развития технологий получения покрытий для медицинских имплантатов с повышенными бактерицидными и биосовместимыми свойствами поверхности.

Финансирование. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № ИРН AP14871715).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- [1] Kaur, M.; Singh, K. Review on titanium and titanium based alloys as biomaterials for orthopaedic applications. Mater. Sci. Eng. C 2019, 102, 844–862
- [2] John, A.A. et al. Surface modification of titanium and its alloys for the enhancement of osseointegration in orthopaedics. Curr. Sci. 111, (2016), 1003–1015.
- [3] Мелешко А.А., Афиногенова А.Г., Афиногенов Г.Е., Спиридонова А.А., Толстой В.П. Антибактериальные неорганические агенты: эффективность использования многокомпонентных систем. Инфекция и иммунитет. 2020; 10(4): 639-654.
- [4] Moore C., DiChristina T. In: Environmental Microbiology Enciclopedia. (Gabriel Bitton, Ed.) John Wiley&Sons, Inc. – 2002.
- [5] Wang, A. et al. Backscattered electron imaging and electron backscattered diffraction in the study of bacterial attachment to titanium alloy structure. J. Microsc. 2018, 270, 53–63.
- [6] Кадыржанов К.К., Комаров Ф.Ф., Погребняк А.Д., Русаков В.С., Туркебаев Т.Э. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. – М.: Изд-во МГУ, 2005. 640 с.
- [7] Физические основы ионно-лучевых технологий: Учебно-методическое пособие / Плотников С.В., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д., Соболев О.В. ; Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. - Усть-Каменогорск, 2017. - 350 с. ISBN 978-601-208-440-5
- [8] Вневакуумная электронно-лучевая наплавка порошков системы титан-тантал-ниобий на титан VT1-0 / Т. В. Журавина, И. А. Батаев, А. А. Руктуев, А. П. Алхимов, О. Г. Ленивцева, О. А. Ленивцева // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 1. – С. 90-95.
- [9] Шморгун В. Г., Слаутин О. В., Евстропов Д. А., Таубе А. О., Бондаренко Ю. И. Структура и механические свойства металло-интерметаллидных композитов системы Ti-Cu // Вестник СибГИУ. 2014. №1 (7).

[10] Володин В. Н., Тулеушев Ю. Ж., Жаканбаев Е.А. Структура и некоторые свойства сплавов бета-тантала с медью в пленках Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан 2013 №05 С. 32-36.

[11] Тулеушев Ю.Ж., Володин В.Н., Жаканбаев Е.А. Наноразмернолегированные медью покрытия из бета-тантала: получение, структура и свойства // ФММ. 2013. Т.114. №7.

[12] Глезер, А. М. Перспективные материалы на основе системы Cu-Nb: получение, свойства, применение / А. М. Глезер, И. Е. Пермякова // Перспективные материалы и технологии : монография : в 2 т. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2017. - Т. 2. - С. 54-72.

[13] Исследование механических свойств компактных и волокнистых материалов на основе наноструктурного медь-ниобиевого композита/ Е. Ю. Зайцев, А. В. Спирин, С. В. Заяц, А. С. Кайгородов, С. Н. Паранин // Физика. Технологии. Инновации : тезисы докладов X Международной молодежной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академиков И. В. Курчатова и А. П. Александрова (Екатеринбург, 15–19 мая 2023 г.). — Екатеринбург : Издательство АМБ, 2023. — С. 736-738.

[14] Deng, L., et al.. (2014). Hardness, electrical resistivity, and modeling of in situ Cu–Nb microcomposites. *Journal of Alloys and Compounds*, 602, 331-338.

[15] Mendoza-Pérez, R., Bahrami, A., & Muhl, S. (2020). Surpassing Cu–Ta Miscibility Barriers Using a High-Current Pulsed Arc. *Advanced Materials Interfaces*, 7.

[16] Bahrami, A., & Rodil, S.E. (2019). Mechanical properties and microstructural stability of CuTa/Cu composite coatings. *Surface and Coatings Technology*.

[17] Ding, Z., Zhou, & He, Q. (2021). Microstructure and properties of monolayer, bilayer and multilayer Ta₂O₅-based coatings on biomedical Ti-6Al-4V alloy by magnetron sputtering. *Ceramics International*, 47, 1133-1144.

[18] Zhao, S., & Shi, C. (2023). Microstructure and Properties of Monolayer Ta and Multilayer Ta/Ti/Zr/Ta Coatings Deposited on Biomedical Ti-6Al-4V Alloy by Magnetron Sputtering. *Coatings*.

[19] V. Stranak et al., R. Hippler Deposition of thin titanium–copper films with antimicrobial effect by advanced magnetron sputtering methods (V. Stranak et al. / *Materials Science and Engineering C* 31 (2011) 1512–1519 doi:10.1016/j.msec.2011.06.009

[20] V. Stranak, et al., Ionized vapor deposition of antimicrobial Ti–Cu films with controlled copper release, *Thin Solid Films* 550 (2014) 389–394

[21] Pogrebnjak, A.D., et al., A. (2018). Physical and Biological Properties of TiNbTa Alloy. 2018 IEEE 8th International Conference Nanomaterials: Application & Properties (NAP), 1-3.

[22] Gunzel, R., et al.. (1999). Corrosion protection of titanium by deposition of niobium thin films. *Surface & Coatings Technology*, 116, 1107-1110.

[23] Olivares-Navarrete, et al. (2011). Biocompatibility of Niobium Coatings. *THE Coatings*, 1, 72-87.

[24] Hee, A.C. (2017). Wear and corrosion resistance of tantalum coating on titanium alloys for biomedical implant applications. PhD Thesis.

[25] Смирнов, С. В., Чистоедова, И. А., & Литвинова, В. А. (2005). Структура и свойства тонких пленок тантала, полученных магнетронным распылением. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, (4 (12)), 80-83.

[26] Kalisz, M., et al., D. (2015). Mechanical and electrochemical properties of Nb₂O₅, Nb₂O₅:Cu and graphene layers deposited on titanium alloy (Ti6Al4V). Surface & Coatings Technology, 271, 92-99.

[27] Senocak, T.C., et al. (2020). Niobium-oxynitride coatings for biomedical applications: Its antibacterial effects and in-vitro cytotoxicity. Materials science & engineering. C, Materials for biological applications, 120, 111662 .

[28] Ramirez, et al.. (2011). Niobium based coatings for dental implants. Applied Surface Science, 257, 2555-2559.

[29] Лечение больных с непереносимостью акрилатов методом изоляции протезов тонкими вакуумными пленками окиси тантала / А.В. Цимбалистов, Ю.А. Быстров, В.Л. Ласка и др. // Труды VI съезда Стоматологической ассоциации России. Москва, 11–14 сент. 2000. С. 285–287.

[30] Михайлова, Е. С. (2013). Использование покрытий оксида тантала для лечения непереносимости стоматологических конструкционных материалов. Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, 5 (1), 18-23.

[31] Norambuena, G.A., et al., R.J. (2017). Antibacterial and Biocompatible Titanium-Copper Oxide Coating May Be a Potential Strategy to Reduce Periprosthetic Infection: An In Vitro Study. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 475, 722-732.

[32] Vella, J.B., et al. (2004). Mechanical properties of nanostructured amorphous metal multilayer thin films. Journal of Materials Research, 19, 1840-1848.

[33] Guo, C., et al.. (2012). Microstructure and tribological properties of Ti–Cu intermetallic compound coating. Materials & Design, 36, 482-489.

[34] Sharma, G., et al. (2011). Electron momentum density distribution in TiCu. Intermetallics, 19, 666-670.

УДК 656.05

Айткеш А.Б. (23-МУД-2з, ВКТУ), Машекенова А.Х. (к.т.н., ВКТУ)

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

***Аннотация.** В исследовании ДТП в Восточно-Казахстанской области выявлена зависимость частоты аварий от благосостояния региона и технического состояния автотранспорта. Увеличение числа аварий, вызванных техническими неисправностями транспортных средств, подчеркивает необходимость совершенствования системы прогнозирования и управления дорожным движением. Предложенные меры, такие как внедрение современных технологий и оптимизация инфраструктуры, направлены на снижение аварийности и повышение безопасности дорожного движения в городе Усть-Каменогорск.*

***Ключевые слова:** дорожное движение, управление, этапы развития, автомобилизация, адаптивные светофоры.*

Проблема обеспечения безопасности и организации движения на автомобильных дорогах привлекает все большее внимание в различных странах из-за серьезных последствий в виде жертв и материальных потерь, вызванных дорожно-транспортными происшествиями.

Для повышения безопасности на дорогах необходимо внедрение широкого комплекса мероприятий. Организационные меры направлены на регулирование движения на уже существующей улично-дорожной сети. К таким мероприятиям относятся введение одностороннего движения, установка круговых движений на перекрестках, создание пешеходных зон, автомобильных стоянок и другие подобные инициативы.

В современном обществе широко используются интеллектуальные системы, такие как адаптивные светофоры, динамические дорожные знаки, системы оповещения для водителей и пешеходов, а также системы сбора и анализа данных о транспортных потоках и многие другие. Эти технологии играют важную роль в повышении эффективности и безопасности дорожного движения, а также в снижении затрат на обслуживание и ремонт инфраструктуры.

Кроме того, важно уделить внимание анализу аварийности на опасных участках. Разработка систем предупреждения аварийных ситуаций на таких участках и внедрение соответствующих мер безопасности может значительно снизить риск дорожных происшествий.

Города с достаточным финансированием имеют широкий выбор инструментов для снижения нагрузки на транспортную инфраструктуру, уменьшения издержек на перевозку пассажиров и грузов, а также повышения пропускной способности «узких» мест в городской сети. Эти инструменты включают в себя интеллектуальные транспортные системы, системы управления парковками, системы разделения транспортных режимов, системы координации общественного транспорта, системы поощрения альтернативных видов

транспорта и другие. Они способствуют созданию более комфортных и экологических условий для передвижения горожан, а также поддерживают развитие экономики и социальной сферы города.

Существуют четыре основных метода прогнозирования аварийности — статистический, конфликтных ситуаций, потенциальной опасности и экспертный. Метод потенциальной опасности не требует ни реального объекта, ни статистики аварийности и дает прогноз по совокупности факторов, влияющих на аварийность, которые можно либо измерить на реальном объекте, либо задать в любой комбинации при проектировании. Поэтому он применим для оптимизации решений как на реальном объекте, так и на стадии разработки или проектирования. Данный метод отличается невысокой точностью прогноза [1]. Понятие потенциальной опасности описывает невидимые, скрытые риски, которые представляют собой сложную функцию множества факторов и их комбинаций, таких как интенсивность движения, скорость, методы регулирования, и условия движения и т.д.

Существует три модификации метода потенциальной опасности: метод линейных графиков, метод конфликтных точек и метод замедлений. Метод конфликтных точек заключается в оценке потенциальной опасности в каждой точке потенциального столкновения с последующим анализом суммарного риска в пределах перекрестка. Этот метод применяется для прогнозирования вероятности аварийных ситуаций на объектах с высоким риском.

Фактически, термин "конфликтная точка" описывает определенную область на дорожной поверхности, которая занимает определенную площадь и определяется размерами участвующих транспортных средств и отклонением их движения от идеальной траектории (по центру полосы движения). Размеры таких "конфликтующих" транспортных средств определяются исходя из габаритов стандартного автомобиля с учетом динамического коэффициента приведения транспортного потока. Таким образом, учитывая отклонение траектории движения участников от идеальной, определенные размеры "конфликтующего" автомобиля рассчитываются.

Границы конфликтной точки определяются на основе размеров этого "конфликтующего" автомобиля, размещенного в произвольном направлении таким образом, чтобы геометрический центр его проекции совпадал с самой конфликтной точкой. На рис. 1 показана схема образования конфликтных точек, их границы и занимаемая ими площадь на проезжей части.

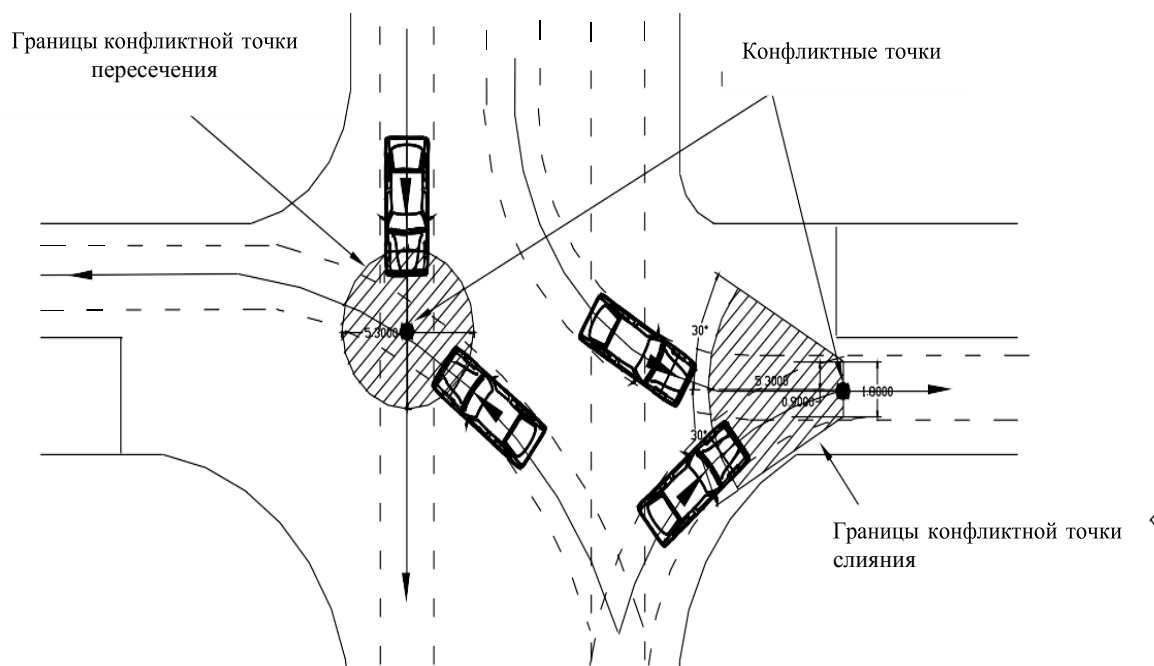


Рисунок 1- Границы конфликтной точки

Анализируя статистику ДТП по регионам ВКО, в том числе по степени их тяжести (учитывая число пострадавших в ДТП жителей), можно отметить, что прямой зависимости числа ДТП от уровня автомобилизации не наблюдается (рис. 2).

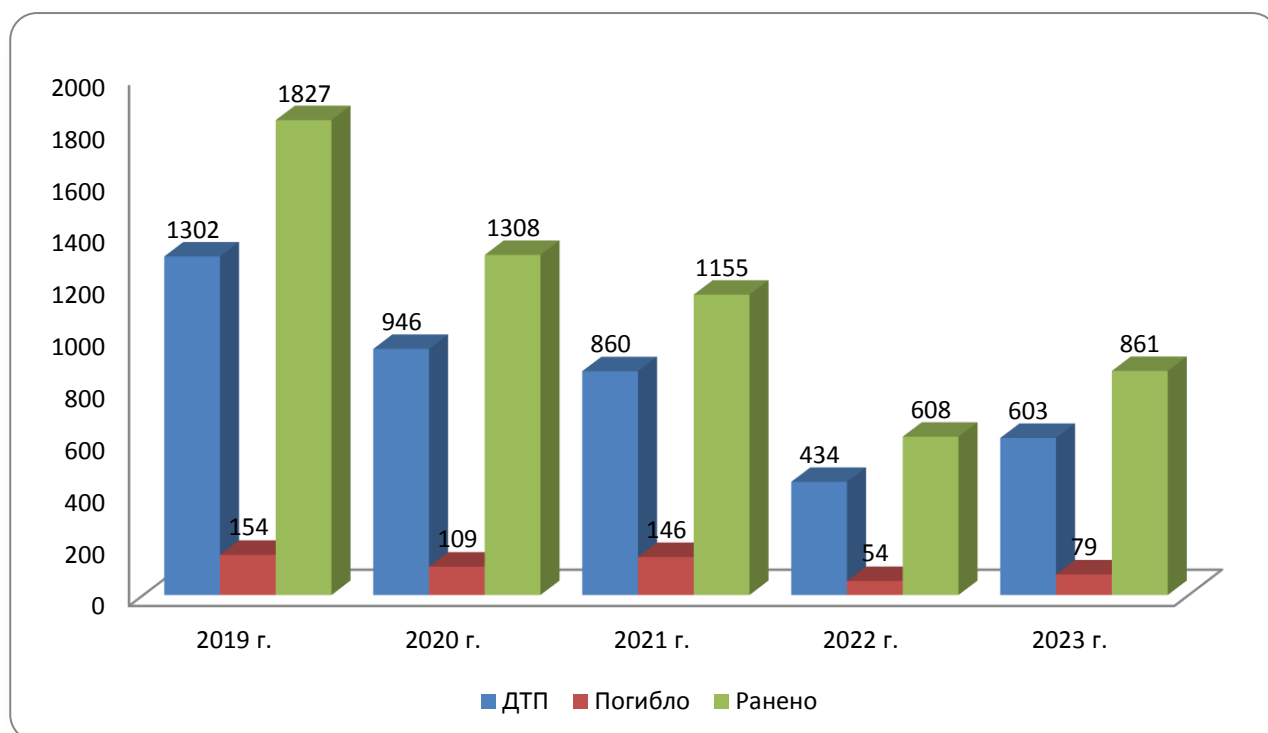


Рисунок 2 - Сведения о дорожно-транспортных происшествиях по ВКО

Как свидетельствует анализ причин ДТП в мире, в ВКО также подтверждается зависимость их числа от уровня благосостояния в регионе, от которого зависит как качество автомобильного парка, так и качество дорожной инфраструктуры. По данным ведомства, за прошедший год в регионе ВКО 603 аварий по указанной причине, что на 38,9 % больше, чем годом ранее. В них погибли 79 человек (+25 %) и пострадали 861 человек (+41,6 %).

В городе Усть-Каменогорск ежегодно происходит свыше 350 аварий, в которых погибает около 10 человек и примерно 300 человек получают ранения. С ростом уровня автомобилизации такие потери будут неизбежно увеличиваться. Однако повышение безопасности движения ограничивается отсутствием надежных методов прогнозирования аварийности. Нынешние методы прогнозирования не пригодны для практического использования при оптимизации решений в сфере организации дорожного движения на стадии разработки или проектирования объектов. Необходимо значительно повысить точность прогнозирования, чтобы каждое решение в области организации дорожного движения могло быть объективно оценено и оптимизировано с учетом критериев безопасности уже на ранних этапах разработки или проектирования. Это существенно сократит число аварий, особенно на участках с высоким риском, таких как перекрестки и пешеходные переходы.

Применение современных методов организации движения транспорта и пешеходов способно значительно изменить дорожную обстановку и повысить эффективность функционирования дорожно-транспортной системы. Качественная организация движения на улицах и дорогах позволяет во многих случаях создать условия для бесперебойной перевозки пассажиров и грузов.

Ограничение доступа транспортных средств на определенные территории города, введение жилых и пешеходных зон, запрет или ограничение движения грузового транспорта, зональные ограничения скорости, реверсивное регулирование движения, а также использование адаптивного сетевого управления транспортными и пешеходными потоками с применением АСУД – все эти методы и технические средства организации дорожного движения, применяемые на практике, обладают ограниченной гибкостью в реагировании на текущее состояние дорожного движения. Внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением позволяет существенно снизить задержки в движении транспорта на 20–25%, уменьшить время поездки на 10–15%, а также уменьшить вредные выбросы на 5–10%.

Интересным решением оптимизации движения транспортных потоков является внедрение новых современных методов управления дорожным движением.

В целом всю стратегию местных властей по борьбе с чрезмерной загруженностью дорог можно разделить на три взаимосвязанных блока. Во-первых, это меры, которые призваны стимулировать отказ от пользования личными автомобилями в пользу общественного транспорта. Во-вторых, создание эффективной инфраструктуры дорог для быстрого передвижения тех, кто пренебрег советами и сел за руль личного авто. В-третьих, разработка системы доступного каждому автомобилисту информирования о ситуации на дорогах, которая позволяет объехать пробки [5].

В заключении можно отметить, что оптимизация управления и организации дорожного движения в городе Усть-Каменогорск является ключевым фактором для решения проблем, связанных с перегруженностью дорожной инфраструктуры, повышением безопасности и улучшением условий передвижения горожан.

Рекомендуется использование простых в эксплуатации технологий, таких как адаптивные светофоры и динамические дорожные знаки, что способствует повышению эффективности и безопасности дорожного движения при минимальных затратах на обслуживание и ремонт. Необходимость внедрения современных методов управления дорожным движением, таких как автоматизированные системы управления и информационное обеспечение участников движения, становится все более актуальной для решения вызовов, связанных с ростом автомобильного парка и увеличением транспортных потоков в городах. Все эти меры направлены на улучшение мобильности, снижение аварийности и создание более устойчивой и экологически устойчивой городской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гладких, О. Н., & Беляев, Д. А. (2019). Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения безопасности дорожного движения. Молодой ученый, 4(65), 371-375.
2. Осинцева, А. А., Осинцев, Н. А., & Лабунский, Л. В. (2023). Повышение безопасности дорожного движения на основе управления дорожными конфликтами. Журнал безопасности дорожного движения, 15(2), 45-58.
3. АСУД и светофоры. – http://www.fcp-pbdd.ru/special_equipment/20043/ (дата обращения 01.03.2024).
4. Якупов, А. М. (2023). Опасность и безопасность дорожного движения. Безопасность транспорта, 5(1), 30-42.
5. Ковалев, А. Г., & Григорьев, В. П. (2023). Моделирование транспортных потоков с использованием геоинформационных систем. Инженерные исследования, 7(2), 120-135.

НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Аннотация. Основная цель данной статьи – рассмотреть основные математические модели, используемые в современной математической науке. Были рассмотрены модели, основанные на дифференциальных уравнениях, а также средних скользящих функций. В статье определена математическая основа моделей, описанная аналитически и логически. Были описаны преимущества и недостатки приводимых моделей и методов. Результатом работы стало углубление знаний в области экономики, математики и математической статистики.

Ключевые слова: математическая модель, объект, оценка, анализ, функциональная зависимость, система уравнений, прогнозирование.

В современном мире экономика становится все более сложной и динамичной, требуя точных инструментов для анализа и прогнозирования. Одним из основных средств, которые позволяют нам лучше понимать и объяснять экономические явления, являются математические модели. Эти модели играют важную роль в различных областях экономики, начиная от макроэкономического анализа и заканчивая моделированием поведения индивидуальных агентов на рынке. Существует несколько ключевых математических моделей, которые широко применяются в современной экономической науке. От моделей спроса и предложения до более сложных динамических и стохастических моделей, каждая из них имеет основные принципы, применение и значение для понимания экономических процессов и принятия решений.

Следует рассмотреть основные понятия, связанные с самой темой моделирования. Объект – система, состоящая из множества элементов. Это может быть ракета, рынок ценных бумаг или популяции животных. Модель несет в себе отражение связей между элементами. Математическая модель – это математическое представление реальности. Учет связей между элементами характеризует полноту модели. Моделирование – процесс расчета поведения системы на основе граничных условий и заданных связей между элементами системы.

Наибольшее применение нашли модели, основанные на дифференциальных уравнениях и интегральном исчислении. Одна из первых таких моделей была предложена английским демографом и экономистом Томасом Мальтусом в труде “О росте народонаселения” (1798). Несмотря на то, что в изначальном варианте Мальтуса модель имеет аспекты, не прошедшие проверку более современными методами, она способна эффективно отвечать на ряд простых экономических вопросов. Идея Мальтуса заключается в том, что население растёт в геометрической прогрессии, в то время как уровень обеспеченности жизненными ресурсами (продовольствием) увеличивается в арифметической прогрессии (рисунок 1).

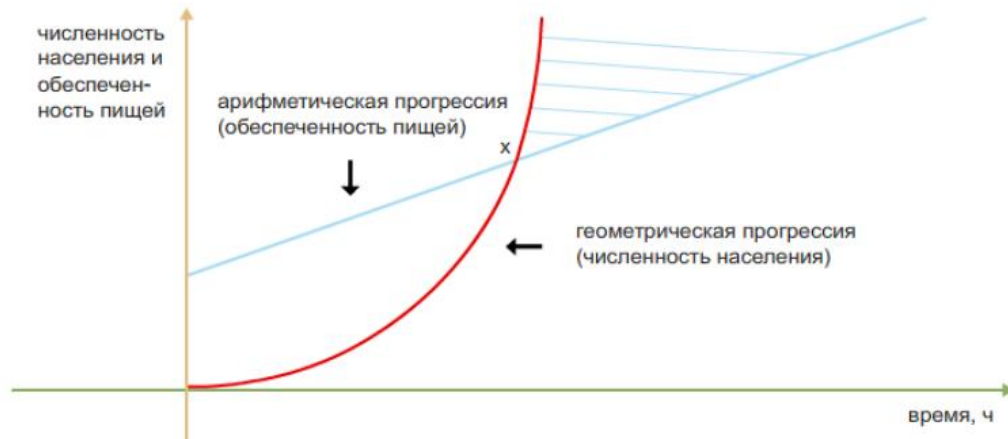


Рисунок 1 – Основная экономико-демографическая модель Т. Мальтуса

Т. Мальтус сделал следующий вывод: вне зависимости от того, насколько быстро увеличивается производство сельскохозяйственной продукции и насколько быстро увеличивается численность населения, пересечение соответствующих прямых неизбежно, что означает голодание определённой части населения. Так, на рисунке 1 после точки x следует заштрихованная область, обозначающая ту часть населения, что не обеспечена продовольствием.

Модель основана на дифференциальном уравнении первого порядка

$$x'(t) = \alpha \cdot x(t)$$

$$\frac{dx}{dt} = \alpha \cdot x$$

Здесь α – показатель скорости роста.

Современная модель выглядит как:

$$P(t) = P_0 e^{rt},$$

где $P_0 = P(0)$ — исходная численность населения, r — темп прироста населения («мальтузианский параметр»), t — время.

Другой, более распространённой моделью является модель Эванса установления равновесной цены на рынке одного товара. В модели принимается, что на рынке есть две основные категории агентов - покупатели и продавцы. Покупатели заинтересованы в покупке товара, а продавцы - в его продаже.

Равновесная цена достигается, когда спрос на товар равен предложению. Именно эта цена становится ценой, по которой совершаются сделки между покупателями и продавцами на рынке.

Математически цена товара выражается функцией $p = p(t)$, $t \geq 0$. Предложение функционально зависит от цены на товар в момент времени:

$$S = S(t) = S(p(t)) = a + bp$$

Функция спроса от времени выражается формулой:

$$D = D(t) = D(p(t)) = c - dp$$

При этом цена товара зависит от предложения и спроса следующим образом:

$$\frac{dp}{dt} = \gamma(D(t) - S(t)) = -\gamma(b + d)p + \gamma(c - a)$$

Здесь γ – коэффициент пропорциональности.

Общим решением данного уравнения является:

$$p = \alpha e^{-\gamma(b+d)t} + \frac{c - a}{b + d}$$

Пусть $p(t = 0) = p_0$. Тогда

$$p(t = 0) = \alpha + \frac{c - a}{b + d} = p_0$$

Для определения предельной равновесной цены необходимо решить задачу Коши при $t \rightarrow +\infty$:

$$p^* = \lim_{t \rightarrow \infty} \left[\left(p_0 - \frac{c - a}{b + d} \right) e^{-\gamma(b+d)t} + \frac{c - a}{b + d} \right] = \frac{c - a}{b + d}$$

Равновесная цена достигается, когда предложение максимально совпадает со спросом (рисунок 2).

Помимо интегральных моделей в экономике используются способы и модели анализа и прогнозирования экономических процессов. Метод взвешенного «скользящего» среднего является одной из стандартных математических моделей, применяемых для прогнозирования экономических изменений. Метод основан на вычислении предсказываемого значения на основе предыдущих по времени значений:

$$\begin{aligned} WMA_t &= \frac{n \cdot p_t + (n - 1) \cdot p_{t-1} + \dots + (n - i) \cdot p_{t-i} + \dots + 2 \cdot p_{t-n+2} + 1 \cdot p_{t-n+1}}{n + (n - 1) + \dots + (n - i) + \dots + 2 + 1} \\ &= \frac{2}{n \cdot (n + 1)} \sum_{i=0}^{n-1} (n - i) \cdot p_{t-i} \end{aligned}$$

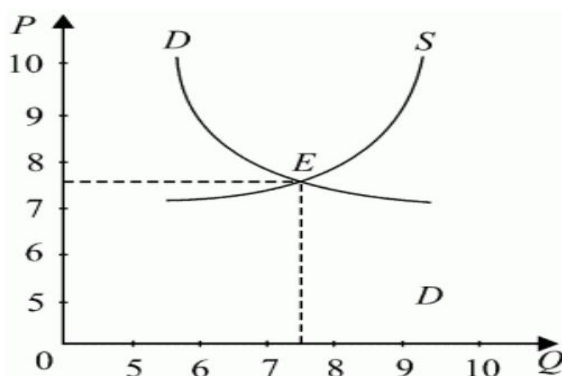


Рисунок 2 – Равновесная цена одного товара на рынке

Для наибольшей точности и объективности выбираемое число предыдущих значений не менее 3-х.

Схожий принцип используется в методе экспоненциального сглаживания (модели Брауна). Она отличается от предыдущего метода выбором среднего коэффициента веса, а также выбором только одного значения за предыдущую дату:

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha(Y_t - \hat{Y}_t)$$

Предыдущее значение корректируется на величину отклонения факта от прогноза:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\hat{Y}_t$$

В общем виде формула записывается как:

$$MMA_t = \frac{p_t + (n - 1) \cdot MMA_{t-1}}{n}$$

Третий из наиболее часто используемых моделей – метод кумулятивной суммы. Данный метод отличается от других скользящих средних вычислением среднего арифметического предыдущих значений. Из-за использования кумулятивной усредняющей функции данная модель относится к моделям смежных функций. Эта формула имеет вид:

$$CA_t = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t p_i = \frac{p_t + p_{t-1} + \dots + p_2 + p_1}{t}$$

Требуется отметить, что рассмотренные математические модели представляют собой лишь часть богатого арсенала инструментов, используемых в современной экономической науке. Они помогают нам не только лучше понимать функционирование рыночных механизмов, но и прогнозировать поведение экономических систем в различных сценариях.

Однако важно отметить, что математические модели — это упрощенные абстракции реальности и не всегда могут полностью отразить сложные и многофакторные процессы, присущие экономике. При их использовании необходимо учитывать ограничения моделей, контекст и специфику конкретной ситуации.

В будущем развитие математических моделей в экономике будет продолжаться, поскольку современные вызовы требуют все более точных и адаптивных инструментов анализа и прогнозирования. Использование математических моделей в сочетании с эмпирическими исследованиями и экономической теорией позволяет создавать более реалистичные и эффективные стратегии управления и принятия решений в условиях современного мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Колемаев В.А. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем: учебник для студентов вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 295 с.
2. Малыхин В.И. Математика в экономике. – М.: ИНФРА М., 2008.
3. Орлов А. И. Устойчивые экономико-математические методы и модели: монография. - М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. - 337 с.
4. Тихонов Э.Е. Прогнозирование в условиях рынка. Невинномысск, 2006. 221 с.
5. Четыркин Е. М. Финансовая математика: Учеб. - М.: Дело, 2001.

УДК 621.791.01

Ақболатов Е.Ж. (ВКТУ), Ғабдысалық Р. (PhD, ВКТУ)

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР И АКТУАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ TIG СВАРКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Аннотация. В своем послании народу Казахстана от 1 сентября 2023 года Глава государства Касым-Жомарт Токаев заявил, что особо важным экономическим и политическим вопросом стало развитие атомной энергетики и Казахстану, как крупнейшему производителю урана в мире, надлежит иметь собственную атомную генерацию. В связи с этим наша страна получила соответствующие предложения от четырех иностранных компаний: EDF (Électricité de France, Франция), CNNC (China National Nuclear Corporation, Китай), «Росатом» (Россия) и KHNP (Korea Hydro & Nuclear Power, Южная Корея) [1]. Также рассматривается вариант строительство АЭС международным консорциумом, в составе которого будут компании из нескольких стран и выбраны самые лучшие технологии. К примеру энергетическое оборудование для генераций электроэнергии, наилучшие технологии у General Electric и корейских производителей. Если говорить о вспомогательном оборудовании - автоматика, системы учета, насосное оборудование - там большое количество производителей, в основном европейские - Франция, Германия, компания Siemens и др. [2]. В таком случае, в связи с разными стандартами в области производства металлопроката, к примеру, EN (Euronorm) для европейских стран, стандарт AISI (Американский институт стали и сплавов), ASTM, SAE для США, JIS японские стандарты, которые часто используются в Азии (Корея, Китай), ГОСТ для стран СНГ, при строительстве АЭС могут возникнуть трудности с получением неразъемного соединения, в частности сваркой трубопроводов, где в основном используется нержавеющие стали.

В связи с выше изложенном в настоящей работе проведен обзор и актуализация основных проблем сварки нержавеющей сталей, применяемые в атомном машиностроении, а также рассмотрены варианты соединения разных марок сталей между собой.

Ключевые слова: Межкристаллитная коррозия, нержавеющая сталь, TIG сварка, содержание феррита, зона термического влияния.

Согласно ГОСТ 5632-2014 [3], нержавеющие стали в зависимости от структуры подразделяют на классы: мартенситный, мартенситно-ферритный, ферритный, аустенитно-мартенситный, аустенитно-ферритный и аустенитный. Среди которых аустенитные нержавеющие стали обладают наилучшим сочетанием технологических свойств, благодаря которому является основным конструкционным материалом в атомной промышленности. Несмотря на сложность химического состава, данные стали можно отнести хорошо свариваемым материалам [4]. Тем не менее как показывает практика, исходя из условий эксплуатации (агрессивная среда, высокая температура и т.п.), где предъявляют высокие требования по качеству шва, сварка нержавеющей сталей аустенитного класса представляет собой технически сложную задачу, требующую особого внимания к выбору методов сварки, сварочных материалов и условий выполнения работ. Это обусловлено подверженности сварного соединения к межкристаллитной коррозии (МКК) и образованию горячих трещин в металле шва и зоне термического влияния (ЗТВ).

В работе [5], посвященной металлургическим и металловедческим

вопросам сварки аустенитных сталей, одними из первых были систематизированы и представлены основные механизмы возникновения горячих трещин в сварных швах. Автор работы выделяет две основные факторы это – металлургические и механические. Механическое воздействие на трещинообразование связано с быстрым нагревом и охлаждением в процессе сварки относительно небольшого объема металла, в результате которого возникают растягивающие напряжения. Между тем, согласно многочисленным исследованиям в механизме образования горячих трещин решающее значение имеет металлургические процессы, которые зависят от первичной микроструктуры шва. Известно, что однофазные чисто аустенитные швы по сравнению с двухфазной аустенитно-ферритной структурой в большей степени подвержены горячим трещинам [5, 6, 7, 8]. Однако высокое содержание феррита (более 8 %) в сварном шве способствует выделению интерметаллических соединений на базе железа и хрома, обладающих очень высокой твердостью и хрупкостью, что приводит к снижению ударной вязкости и пластичности стали [7]. Производственный опыт показал, что содержание феррита в структуре сварного шва не более 5 % является оптимальным. Такое количество обеспечивает более высокую вязкость металла, т.к. феррит, располагаясь по границам аустенитных зерен, ограничивает их рост.

Механизмы коррозионного разрушения сварных соединений аустенитных нержавеющей сталей были известны и опубликованы еще 1950-х годах [5,11]. В настоящее время опубликовано огромное количество работ посвященные исследованию МКК [7, 9, 10, 15, 16]. Обобщая эти исследования склонность данных сталей к МКК можно объяснить следующим образом. В процессе сварки, а также при эксплуатации технических устройств из аустенитных нержавеющей сталей в результате длительного воздействия температуры в интервале 470-840 °С у границ зерен металла могут возникнуть условия интенсивного взаимодействия углерода с хромом. Это приводит к образованию сложных карбидов хрома по границам кристаллов аустенита. Сталь при этом становится восприимчивой к межкристаллитной коррозии в локальном участке из-за резкого снижения содержания количества хрома в пограничных областях зерен. Процесс карбидообразования самопроизвольный и начинается, как только металл попадает в указанные интервалы температур.

Опубликованные работы за последние годы в основном посвящены сварке зарубежных аустенитных сталей AISI304, AISI316, AISI321, а также их комбинациям AISI304+AISI316, AISI316+AISI321.

В работе [12] была проведена оценка влияния использования сварочной камеры с инертным газом на микроструктуру и механические свойства сварного соединения стали AISI 316L, выполненного методом TIG-сварки. Авторы отмечают, что для получения сварного соединения с заданными характеристиками необходимо уделять особое внимание выбору присадочного материала. В данной работе использовались следующие присадочные проволоки: AISI 316L, AISI 308L и INCONEL-625. По результатам исследования установлено, что использование сварочной камеры приводит к расширению границы раздела между металлом шва и основным металлом и увеличению

содержания феррита в этой зоне. Использование проволоки AISI 316L и AISI 308L в камере привело к снижению твёрдости на 30-50% и прочности на разрыв по сравнению с характеристиками основного металла. Наиболее оптимальные механические характеристики сварного шва схожие с основным металлом, обеспечивает использование проволоки INCONEL-625. Это подтверждают, и другие авторы работ [13, 14]. Однако согласно этим работам, применение INCONEL в качестве присадочного материала не всегда экономически целесообразно в связи с высокой стоимостью.

В работе [15] исследовали влияния параметров режима TIG-сварки на МКК сварного соединения из сталей AISI 321 для листов толщиной 4 мм. Для достижения аналогичного химического состава металла шва как в основном металле, в качестве присадочного материала использовали проволоку ER321. Испытания на стойкость к МКК проводили согласно стандарту GB/T4334-2008. Авторы работы отмечают, что склонность аустенитных нержавеющей сталей к МКК в основном связано с металлургическими изменениями, протекающими в диапазоне температур 427-816 °C и временем воздействия агрессивной среды. Тем не менее по результатам исследования все образцы имели стойкость к МКК и влияния сварочного тока в диапазоне от 130 до 190А на МКК не установлено.

Авторы работы [16] провели сравнительный анализ методов Nd:YAG лазерной и TIG сварки для соединения листов из сталей AISI 304L и AISI 316L толщиной 1 мм. Особое внимание в этой работе уделено изучению микроструктуры разнородного соединения. В целом сварное соединение имеет двухфазную аустенитно-ферритную структуру, однако содержание феррита в ЗТВ со стороны стали AISI 304L намного выше порядка 0,3% по сравнению с ЗТВ стали AISI 316L где 0,1 %. Авторы связывают это с наличием молибдена в стали AISI 316L, который является сильным стабилизатором феррита чем хром.

В работе [17] приведены результаты механических испытаний разнородного сварного соединения сталей AISI 304 и AISI 316. Толщина листов составляло 6 мм, образцы были выполнены методом TIG-сварки на токе 60, 80 и 100 А, с использованием присадочной проволоки ER304L. Из анализа данных авторы установили оптимальное значение тока 80 А, где прочность на растяжение составило 384,54 Н/мм² и среднее значение твёрдости сварного шва 132,75 НВ.

В другой работе [18], для улучшения механических характеристик сварного соединения разнородных нержавеющей сталей рекомендуют использовать флюсы при TIG-сварке. Авторами представлены результаты применения оксида алюминия, оксида меди и их комбинаций. По результатам исследования микроструктуры и механических испытаний установлено, что наиболее оптимальным для сварки разнородных сталей AISI 304 и AISI 316L является флюс оксида алюминия.

В работе [19, 20] для сварки разнородных сталей AISI 321 и AISI 316L авторы рассчитывали содержание феррита в металле шва для присадочной проволоки ER316L по диаграмме Шеффлера, а также измеряли после сварки с помощью ферритоскопа. В целом содержание феррита в металле шва составляло 5-6 %. Тем не менее детальное исследование микроструктуры сварного шва

показало наличие зоны в виде полосы предположительно состоящего из карбидов хрома в ЗТВ стали AISI 316L. Кроме этого по результатам механического испытания на разрыв разрушение образцов произошло по сварному шву. Авторы работы сделали вывод, что необходимо дополнительные исследования по оптимизации сварки и оценке склонности к МКК.

Проведенный обзор работ позволяет сделать вывод, что несмотря на более чем полувековой опыт сварки нержавеющей стали, получение качественного сварного соединения остаётся актуальным направлением исследований. Среди наиболее значимых проблем можно обозначить склонность сварного шва к МКК и отсутствие компьютерного метода прогнозирования стойкости к МКК. Учитывая постоянно растущие требования к сварным швам большие усилия следует сосредоточить на совершенствовании процессов сварки, расширение возможностей за счет прогнозирования на основе компьютерного моделирования, применения специальных алгоритмов для программирования параметров сварки и оценки качества сварных швов на основе обратной связи (например, с использованием нейронных сетей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мамышев Ж. Токаев предложил вынести решение по строительству АЭС в Казахстане на референдум [Электронный ресурс] // Курсив [web-сайт]. – 2023. – URL: <https://kz.kursiv.media/2023-09-01/zhnb-aeskrzref/> (Дата обращения 24.02.2024).
2. Смайыл М. Строить АЭС в Казахстане будет группа стран - глава "Самрук-Казына" [Электронный ресурс] // TengriNews [web-сайт]. – 2022. – URL: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/stroit-aes-kazakhstan-gruppa-stran-glava-samruk-kazyina-480515/ (Дата обращения 24.02.2024).
3. ГОСТ 5632–2014. Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные: введ. 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2016. 48 с.
4. Дедюх Р.И. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. Технология сварки плавлением / учебное пособие для прикладного бакалавриата. – М.: Изд-во «Юрайт», 2016. – 169 с.
5. Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. – Киев: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1954. – 149 с.
6. Меркушкин Е.А., Березовская В.В., Сомина С.В. Межкристаллитная коррозия сталей. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. – 69 с.
7. Исламкулов К.М., Смагулов Д.У. Способ повышения сопротивляемости высоколегированной (аустенитной) стали образованию горячих трещин при сварке // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 7–9.
8. Шабалин В.Н. Аргонодуговая сварка теплообменника ТКВ-600 из разнородных аустенитных сталей и сплава на железоникелевой основе // Ползуновский альманах. – 2015. – № 4. – С. 122–128.

9. Кривоносова Е.А., Акулова С.Н., Мышкина А.В. К проблеме коррозионного разрушения сварных швов // Вестник ПНИПУ. – 2017. – Т. 19. – № 3. – С. 114–137.
10. Шлямнев А. Нержавеющие стали с низким содержанием углерода // Национальная металлургия. – 2003. – С. 73–75.
11. Акимов Г.В. Межкристаллитная коррозия сплавов // Изв. ОХН АН СССР. – 1951. – №1. – С. 13-15.
12. M. Pascual, F. Salas, F. J. Carcel, M. Perales y A. Sánchez. TIG AISI-316 welds using an inert gas welding chamber and different filler metals: Changes in mechanical properties and microstructure // REVISTA DE METALURGIA, 46 (6), NOVIEMBRE-DICIEMBRE, 493-498, 2010
13. J. Lee, C. Jang, J.S. Kim and T.E. Jin. *Transactions*, SMiRT 19, 2007, Paper G04/4.
14. H. Naffakh, E.M. Shamanian and F. Ashrafizadeh, *J. Mater. Sci.* 43 (2008) 5.300-5.304.
15. Dan Hua, Shulin Lib and Sheng Luc. Effects of TIG Process on Corrosion Resistance of 321 Stainless Steel Welding Joint // *Materials Science Forum* Vol 749 (2013) pp 173-179
16. Mohammad Soltani, H., Tayebi, M. Comparative study of AISI 304L to AISI 316L stainless steels joints by TIG and Nd:YAG laser welding (2018) *Journal of Alloys and Compounds*, 767, pp. 112-121.
17. A. Ramakrishnan, T. Ramesh Kumar, V. D. Tamilarasan. Experimental Investigation on Mechanical Properties of TIG Welded Dissimilar AISI 304L and AISI 316L Stainless Steel // *International Conference on Advances in Materials Research*., ICAMR 2019: [Advances in Materials Research](#) pp 801–807
18. H. Vinothkumar, M. Balakrishnan, K. Gulanthaivel, R. Logeshwaran, R. Mohanraj. Investigation on effects of flux assisted GTAW welding process on mechanical, metallurgical characteristics of dissimilar metals SS 304 and SS 316 L // *Materials Today: Proceedings*, Volume 33, Part 7, 2020, Pages A2
19. Ma, C., Peng, Q., Mei, J., En-Houhan, Ke, W.: Microstructure and corrosion behavior of the heat affected zone of a stainless steel 308L-316L weld joint. *J. Mater. Sci. Technol.* (2017)
20. Patil, T.B., Manikandan, S.G.K., Mangulkar, Y.E., Gade, P.L. Microstructural and Mechanical Behavior Studies of Dissimilar Weld on TIG Welding (2020) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1025, pp. 901-909.

ӘОЖ 656.025.4

Альгужинова М.М. (20-ТЛК-1, ШҚТУ), Абеджанова А.С. (аға оқытушы, ШҚТУ)

ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ЛОГИСТИКАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІ БАСҚАРУ ЖӘНЕ АРНАЙЫ ТЕХНИКАНЫ ҚОЛДАНУ ШАРАЛАРЫНЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

***Аңдатпа:** Бұл тақырыптың өзектілігі - заманауи құрылыста жылжымалы құрамды, оның ішінде мамандандырылған техниканы тиімді пайдалану жобалардың сәтті болуын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаруы. Ресурстарды оңтайлы бөлу, процестерді, қызметкерлердің жұмысын дәл басқару және уақыт пен қаржылық шығындарды азайту табысты құрылыс қызметінің ажырамас бөлігі болып табылады. Осы тұрғыда заманауи қосымшалар мен технологияларды зерттеу және қолдану құрылыс нысандарында максималды өнімділік пен тиімділікке қол жеткізуге әкелуі мүмкін.*

***Түйін сөздер:** мамандандырылған техника, құрылыс материалдары, автоапрк, интеграция, логистикалық терминал, ресурстар.*

Қазіргі таңда құрылыс арнайы техникасы құрылыс жұмыстарын жүргізудің таптырмас бөлігі болып табылады. Оның маңыздылығын асыра бағалау мүмкін емес, өйткені ол жер жұмыстарынан бастап, ауыр материалдарды биіктікке көтеруге дейінгі құрылыс алаңдарында әртүрлі тапсырмаларды атқаруды қамтамасыз етеді.

Ең алдымен, құрылыс техникасы еңбек өнімділігін едәуір арттырады. Бұрын белгілі бір жұмысты орындау үшін қол еңбегінің көп мөлшерін қажет ететін, ал бүгінде мамандандырылған машиналар мұны тезірек және тиімдірек етеді. Мысалы, экскаваторлар жерді тез және дәл өндіруге мүмкіндік береді, уақытты қысқартады және қоршаған инфрақұрылымға зиян келтіру қаупін азайтады.

Құрылыс алаңындағы қауіпсіздікті арттыру да маңызды аспект болып табылады. Көптеген құрылыс тапсырмалары адамдар үшін қауіпті болуы мүмкін, бірақ арнайы техника жазатайым оқиғалар қаупін азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, ауыр жүктерді көтеру үшін крандарды пайдалану жұмысшылардың жарақат алу мүмкіндігін азайтады.

Сонымен қатар, құрылыс техникасы ресурстарды үнемдеуге ықпал етеді. Бұл процестерді оңтайландыруға және ресурстарды тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді. Мысалы, заманауи технологиялық машиналар қол еңбегіне қарағанда отын мен материалдарды тұтынуда үнемді болуы мүмкін.

Ғимарат салу жобасын дайындау кезінде құрылыс салушы барлық жоспарланған жұмыстарды орындау үшін қандай құрылыс техникасы қажет болуы мүмкін екенін нақты түсінуі керек. Өйткені, құрылыстың әр кезеңі техниканың ерекше түрін қолдануды білдіреді. Жабдықты ұтымды пайдалану объектілердің уақытында орындалуын қамтамасыз етеді, сонымен қатар құрылыс шығындарын болдырмауға көмектеседі. Осылайша, құрылыс техникасы өнімділікті, қауіпсіздікті және ресурстарды үнемдеуді қамтамасыз ететін құрылыс индустриясының ажырамас бөлігі болып табылады. Онсыз көптеген құрылыс жобалары мүмкін емес немесе тым қымбат болар еді.

Осы мақалада талқыланатын кәсіпорын техникасы және жылжымалы құрамы «VK Development»-ке тиесілі.

Vk development group 2012 жылы құрылған және бүгінгі таңда Өскемен қаласы мен Шығыс Қазақстан облысының ірі инвестициялық-құрылыс компаниясы болып табылады. Қызметтің негізгі бағыты тұрғын үй және коммерциялық жылжымайтын мүлік, өнеркәсіптік объектілер, инженерлік инфрақұрылым және әлеуметтік мақсаттағы объектілер салу болып табылады. Ол бірнеше кәсіпорынның құрылтайынын тұрады. Соның ішінде, «AST Qurylys 22», «Service СМУ»ЖШС кәсіпорны және тағы басқалар. Зерттелеітн, «Service СМУ»ЖШС, нысаны құрылыс объектілерін мамандандырылған техникамен және құрылыс материалдарымен қамтамасыз ету. Олар көбіне бөлінбейтін, яғни үйіп-төгілмелі құм, қиыршық тас, жартасты топырақ, сондай-ақ, кірпіш, цемент сияқты жүктерді тасымалдайды. Құрылыс материалдарын негізінен Өскемен қаласындағы құрылыс цехтарынан тапсырыс арқылы сатып алады. Сондай-ақ, Семей, Астана, Павлодар, Екібастұз сынды қалалардан да тапсырыс жасайды.

Мекеме алаңында ашық және жабық қоймалар орналасқан. Ашық қоймада сақтау шаралары ауа райына тәуелсіз сусымалы жүктер, ал екіншісінде сақтау шараларын талап етілетін жүктер сақталады. Олар, цемент, ағаш және т.б. Тасымалдау процесі әдетте жүк көлігінің толық сыйымдылығы немесе жартылай сыйымдылығын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Олардың көлемі 15-20 тоннаны құрайды.

Құрылыстың өзіндік құнын арзандату, үшінші тарап өндірушілері мен жеткізушілеріне тәуелділікті азайту және қолданыстағы нарықты қанықтыру мақсатында VK development group 2015 жылдан бастап кейбір құрылыс материалдары мен бұйымдарының өзіндік өндірісін ұйымдастырды.

Инертті материалдар. Кәсіпорында әртүрлі фракциялардағы қоқыстарды, құмдарды және қиыршық тастарды өндіру бойынша технологиялық желі жұмыс істейді.

- Бірінші кезең-бұрғылау-жару жұмыстарының толық циклі, кейіннен экскавация мақсатында тау жыныстарын қопсыту;

- Екінші кезең-арнайы техниканың (бульдозерлер, экскаваторлар, драглайндар) көмегімен карьерде шикізат (құм-қиыршық тас қоспасы) өндіру;

- Үшінші кезең – шикізатты өңдеу орнына тасымалдау;

- Төртінші кезең-шикізатты ұсақтау-сұрыптау кешенінің (ДСК) көмегімен өңдеу, оның құрамына: скринингтер, щек және конус түріндегі ұсатқыштар кіреді. ДСК өнімділігі – тәулігіне 100 мың м³.

Дайын өнім (құм, әртүрлі фракциялардың қиыршық тастары, скрининг) құрылыс нысандарында қолданылады.

Сондай-ақ, кәсіпорын қарамағында логистикалық тізбектеріндегі тасымалдау процесінің жаңа кешенді тәсілі- логистикалық терминал да бар.

Vk development group төрт өндірістік-қойма базасының екеуінің аумағына теміржол түйықтары тартылды.

Бірінші теміржол түйығы Бұқтырма цемент зауытынан цементті түсіру, сақтау және көтерме сату терминалы ретінде жұмыс істейді. Ол

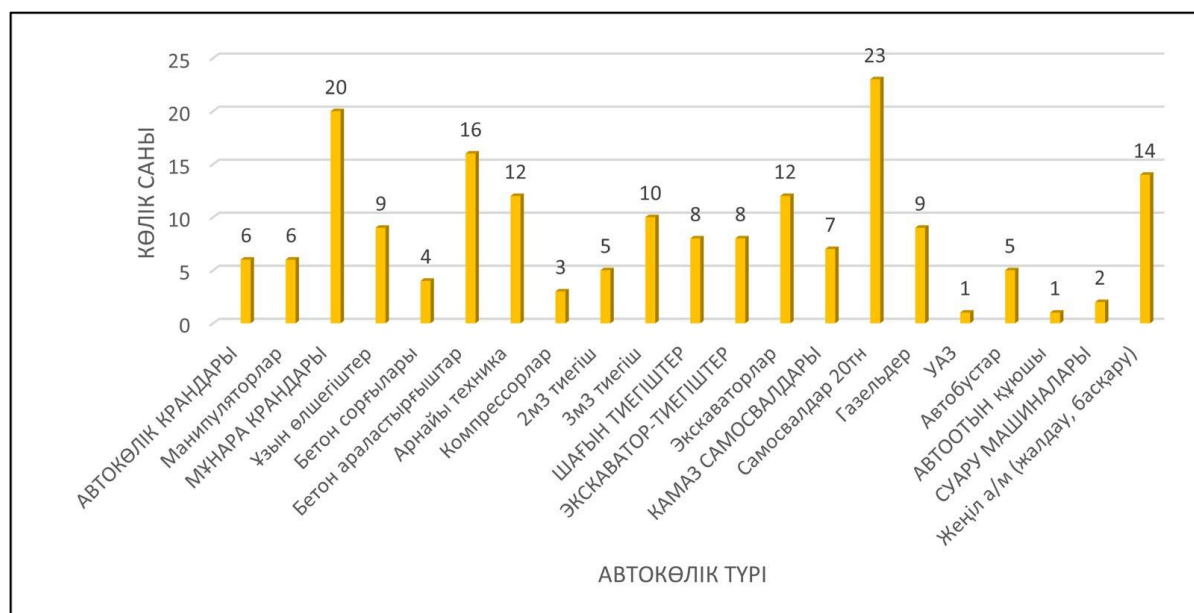
компрессорлармен, сыйымдылығы 1 мың тонна сүрлеммен, жерасты бункерімен, АВТО салмақтармен жабдықталған.

Бұл кәсіпорын цементті көтерме бағамен сатып алуға, демек, VK development group құрылыстарында қолданылатын бетон және бетон бұйымдарының құнын арзандатуға мүмкіндік береді.

Екінші теміржол түйығы құрылыс материалдарын және ТНП-ны шамадан тыс жүктеуге, сақтауға арналған логистикалық терминал ретінде ұйымдастырылған. Терминал бір мезгілде 8 вагонды қабылдау мүмкіндігіне ие, автокарлармен, тауарларды түсіруге арналған платформамен, ыңғайлы кірме жолдармен, көлемі 3,6 мың м³ дейінгі уақытша сақтау қоймаларымен жабдықталған.

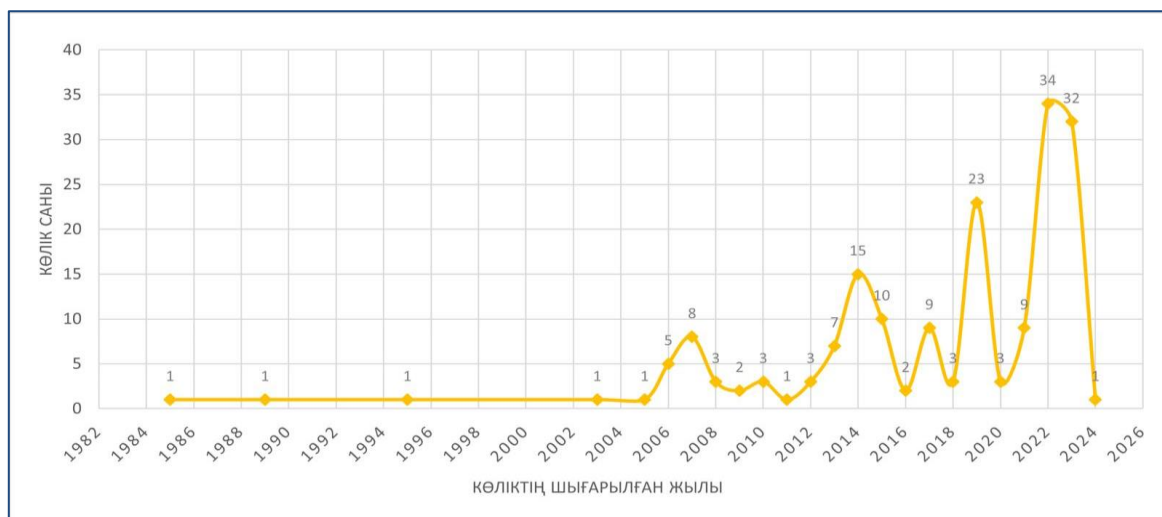
VK development group Өскемен қаласында және Шығыс Қазақстан облысында 182 бірлік автомашина мен арнайы техникадан тұратын ірі автопаркке ие, оның ішінде:

- Мұнара, автомобиль, өздігінен жүретін шынжыр табанды крандар;
- Экскаваторлар, бульдозерлер, тиегіштер;
- Гидравликалық балғамен және қоңыржаймен экскаватор-тиегіштер (экскаваторы-погрузчики с гидромолотами и буроямами);
- Бетон араластырғыштар мен бетон сорғылары, стационарлық бетон сорғысы (биіктігі 150 м-ге дейін, ұзындығы 300 м-ден асады);
- Самосвалдар;
- Төсеушілер;



Сурет 1. Кәсіпорындағы автокөлік түрлерінің сандық сипаты

Осы тұста көлік паркін сипаттап айта кеткен жөн. Жоғарыдағы Сурет 1-ге байқап қарасақ, әр техника бойынша оның саны көрсетілген, жалпы саны 182 бірлікті құрайды. Ең көп автокөлік түрі-20 тонналық самосвалдар, яғни 23 бірлік, ал керісінше ең аз жылжымалы құрам түрі – автоотын құюшы (автотоплиовозаправщик) және УАЗ (жолаушылық).



Сурет 2. Кәсіпорындағы жылжымалы құрам түрлерінің шығарылу жылдары

Сурет 2-де жылжымалы құрамның шығарылу жылдары көрсетілген. Автопарк 1982-2024 жылға дейін көрсетілген. Автопарк 1982-2024 жылға дейігі аралықты қамтиды. 2022-2023 жылғы шығарылымдағы техника айтарлықтай басымдылыққа ие. Орташа шығарылу көрсеткіші 2017 жыл.

Автомашиналар мен арнайы көліктер техникалық қызмет көрсету және жөндеу-механикалық шеберханаларда жүзеге асырылады.

Автопарктің ауқымдылығы объектілерде құрылыс-монтаждау жұмыстарының едәуір көлемін және әртүрлі түрлерін өз күштерімен орындауға мүмкіндік береді. Мәселен, мысалы, автомиксерлер мен бетон сорғыларының көмегімен кәсіпорын тәулігіне 500 м³ – тен астам бетонды игереді, ал экскаваторлардың, тиегіштер мен самосвалдардың көмегімен тәулігіне 2500 тоннадан астам топырақ пен инертті материалдарды тасымалдайды.

Мұндай ауқымды мамандандырылған техника жүйелі басқаруды талап етеді. Сол себептен әр жылжымалы құрам түріне арнайы қызметкерлер үйлестірілген. Компанияның басында-директордың автокөлік жөніндегі орынбасары, оның тікелей қарамағында 3 бөлімше бар:

Директордың автокөлік жөніндегі орынбасары;

1. Пайдалану қызметінің бастығы;

Бас механик;

Жүк көтергіш механизмдер механигі;

Жеңіл автокөлік механигі;

20 тонналық көліктер механигі;

15 тонналық көліктер механигі;

Құрылыс техника механигі;

Жол құрылыс техника механигі;

Механикалық жөндеу шеберханасының шебері;

2. Қойма бастығы;

3. Диспетчер-логист;

Диспетчер 1;

Диспетчер 2

Осылайша, құрылыс кәсіпорынындағы логистикалық үрдістердің жүйелі басқарылуы негізделген. Құрылыс компаниясында мамандандырылған техниканы интеграцияланған басқару бірнеше маңызды мақсаттарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Біріншіден, бұл ресурстарды пайдалану тиімділігін арттырады, өйткені ол машиналар мен жабдықтардың жұмысын дәлірек жоспарлауға және үйлестіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жобадағы немесе құрылыс жағдайындағы өзгерістерге жауап берудің жеделдігін жақсартуға ықпал етеді, өйткені техниканың жай-күйі мен орналасуы туралы ақпарат нақты уақытта қол жетімді. Сонымен қатар, интеграцияланған басқару техникалық қызмет көрсету мен жөндеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді, өйткені ол машиналардың техникалық жағдайын бақылауға және олар пайда болғанға дейін ықтимал проблемалар туралы ескертуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, жасанды интеллектпен жабдықталған мамандандырылған техникаға автономды роботтар, дрондар, өздігінен жүретін автомобильдер және құрылыс машиналары кіреді. Олар жер жұмыстары, ұрылыс жұмыстарын бақылау, сондай-ақ құрылыс алаңына материалдарды жеткізу сияқты белгілі бір тапсырмаларды автоматтандыру арқылы құрылыс процестерін басқаруға көмектеседі. Мұндай техниканы қолдану тиімділікті арттырады, жұмыс уақытын қысқартады және өндірістік апаттар қаупін азайтады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Раимбеков Ж. С., Сыздыкбаева Б. У. Основы логистики: Учебник- Алматы: ТОО «Лантар Трейд»-2019. 195с.
2. Ильин А. И. Планирование на предприятии: учебник. 2-е изд., перераб. Минск: Новое знание, 2018. 635 с.
3. Нестеров С. Ю. Система управления современным автотранспортным предприятием. М.: Litres, 2019. 195 с.
4. Мельников, В. П. Логистика: учебник для академического бакалавриата / В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе, А. К. Антонюк; под общ. ред. В. П. Мельникова. - М. : Издательство Юрайт, 2018. - 288 с.
5. Управление в АПК / Под ред. Королева Ю. Б. М.: Колос, 2012
6. <https://vkdevgroup.kz/activitie>

ӘОЖ 519.633

Аманбекова Л.Т. (22-ММА-2т, ШҚТУ), Мукашева Р.У. (т.ғ.к., ШҚТУ),
Қыдырханқызы А. (оқытушы, ШҚТУ)

ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТИПТЕГІ ТЕҢДЕУЛЕР ҮШІН АРАЛАС ЕСЕПТІ ШЕШУ

Аңдатпа. Күрделі процестерді сипаттайтын көптеген дифференциалдық теңдеулердің аналитикалық шешімдері жоқ немесе оларды алу қиын. Мұндай жағдайларда шамамен шешім сандық әдістер арқылы табылады. Ақырғы айырымдық әдісі дифференциалдық теңдеулерді сандық шешудің негізгі әдістерінің бірі болып табылады және ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Ақырғы айырымдық әдісі берілген дәлдікпен жуық шешімді қамтамасыз ете отырып, мұндай теңдеулерді сандық түрде шешуге мүмкіндік береді. Осы жұмыста бұл әдіс гиперболалық теңдеу үшін аралас есепті шығару үшін қолданылады, алгоритмі сипатталады, нақты есеп үшін Matlab-та бағдарлама құрастырылады және нәтижелі шешімнің визуализациясы алынады.

Түйін сөздер: гиперболалық теңдеу, ақырлы айырымдық әдістер, түйіндер торы, аралас есеп.

Ең қарапайым гиперболалық теңдеу келесі: $u_{tt} = a^2 u_{xx}$. Механикалық интерпретацияда бұл теңдеу жолдың кішкене тербелісін сипаттайды.

Біртекті емес теңдеу:

$$u_{tt} + \beta u_t = a^2 u_{xx} + \gamma u_x + f(x, t) \quad (1)$$

(1) теңдеу көбінесе телеграф теңдеуі деп аталады. Ол Кирхгоф заңынан алынған сымдағы электр тогының ауытқуын сипаттайды.

Толқындық теңдеу (1) екінші ретті уақыт туындысын қамтитындықтан, бірегей шешімді алу үшін екі бастапқы шартты қою керек, ол келесі түрде қарастырылады:

$$u(x, 0) = f_1(x), x \in [0, L], \quad (2)$$

$$u_t(x, 0) = f_2(x), x \in [0, L], \quad (3)$$

Осы шарттардың физикалық мағынасы: (2) теңдеу жолдың бастапқы профилін анықтайды; (3) теңдеу жолдың бастапқы үдеуін анықтайды.

Шешімді құрудың бірегейлігі үшін теңдеудің өзіне (1) және бастапқы шарттарға (2), (3) қосымша екі шекаралық шартты қосу қажет. Шекаралық шарттардың үш негізгі түрі:

I түрдегі шекаралық шарт. Қатты бекіту режимі жолдың ұштарында орнатылады:

$$\left. \begin{aligned} u(0, t) &= g_1(t), \\ u(L, t) &= g_2(t). \end{aligned} \right\}$$

II түрдегі шекаралық шарт. Жіпке әсер ететін күштер ұштарында көрсетілген:

$$\left. \begin{aligned} u_x(0,t) &= g_1(t), \\ u_y(L,t) &= g_2(t). \end{aligned} \right\}$$

III түрдегі шекаралық шарт. Серпімді бекіту жолдың ұштарында көрсетілген:

$$u_x(0,t) - h_1 u(0,t) = g_1(t), \quad u_x(l,t) + h_2 u(l,t) = g_2(t),$$

I немесе II немесе III шекаралық шарттарды және (2), (3) бастапқы шарттарды қанағаттандыратын (1) теңдеудің шешімін табыңыз деген есепті аламыз. Бұл есеп шекаралық және бастапқы шарттарды қамтитындықтан аралас есеп деп аталады.

Гиперболалық типті сызықтық дифференциалдық теңдеулермен сипатталатын толқын түрлерінің тізімі: дыбыстық, электромагниттік, қатты денелердің тербелістері - бойлық, көлденең, бұралу [3].

Гиперболалық теңдеу үшін аралас есепті ақырлы айырымдық әдісімен шешу жолдарын көрсетеміз.

Ақырлы айырымдық әдісі тұрақты тордағы теңдеулерді шешу үшін жақсы жұмыс істейді.

Біркелкі тормен ақырлы айырымдық әдісі екінші ретті дәлдікке ие болуы мүмкін, бірақ күрделі геометрияларда дәлдікке жету үшін жұқа торды қажет етуі мүмкін, ал ақырлы айырмашылық әдісі аз түйіндермен жоғары дәлдікті қамтамасыз ете алады.

Ақырғы айырымдық әдісінің идеясы келесідей: Дифференциалдық типті теңдеулер айырымдылық аналогтары арқылы жуықталады. Аймақ функцияның мәндері мен оның туындылары есептелетін түйіндер торы ретінде қарастырылады. Дербес дифференциалдық теңдеулер айырымдық теңдеулермен ауыстырылады.

Ақырлы айырымдық әдісінің алгоритмі:

1) аймақ түйіндердің біркелкі немесе біркелкі емес торына бөленеді.

2) теңдеудің туындылары негізінде айырымдық аналогтары құрастырылады.

3) тордың әр түйіні үшін алынған айырымдық теңдеулерінің шешімдері табылады.

Гиперболалық типтегі теңдеу үшін келесі аралас есепті қарастырыңыз:

$$u_{tt} = u_{xx} + 6(t - x) \quad (4)$$

теңдеуінің

$$u(x,0) = x^3, u_t(x,0) = 0, \quad (5)$$

бастапқы

$$t \cdot u(0,t) - u_x(0,t) = t^4, \quad u(1,t) - \frac{t^3}{3} \cdot u_x(1,t) = 1. \quad (6)$$

шекаралық шарттарын қанағаттандыратын шешімін табу керек.

Ол үшін ақырлы айырымдық әдісін қолданамыз.

Ақырғы айырымдық әдісін қолданып, бұл мәселені шешу алгоритмін ұсынамыз:

1. Аймақты дискретизациялау

$0 \leq x \leq L$ аймақты $Nx + 1$ бірдей $h = \frac{L}{Nx}$ қадамымен бірдей кесінділерге

бөлеміз

$0 < t < T$ уақытты $Nt + 1$ бірдей $\tau = \frac{T}{Nt}$ қадамымен бірдей кесінділерге

бөлеміз

2. Теңдеуімізді дискретизациялау

Ол үшін t уақытында және x кеңістігінде торды енгіземіз:

$$t_i = i \cdot dt, \quad i = 0, 1, 2, \dots, Nt, \quad x_j = j \cdot dx, \quad j = 0, 1, 2, \dots, Nx$$

Мұнда dt және dx - сәйкесінше уақыт пен кеңістіктегі дискретизация қадамдары берілген. Онда

$$u_{tt}(x_j, t_i) = \frac{u_j^{i+1} - 2u_j^i + u_j^{i-1}}{dt^2}, \quad u_{xx}(x_j, t_i) = \frac{u_{j+1}^i - 2u_j^i + u_{j-1}^i}{dx^2}$$

Енді $u_{tt} = u_{xx} + 6(t - x)$ теңдеуді дискретті түрде қайта жаза аламыз:

$$\frac{u_j^{i+1} - 2u_j^i + u_j^{i-1}}{dt^2} = \frac{u_{j+1}^i - 2u_j^i + u_{j-1}^i}{dx^2} + 6(t_i - x_i)$$

3. Қосымша шарттарды дискретизациялау

I. $u(x, 0) = x^3, u_t(x, 0) = 0$ - бастапқы шарт

Ақырғы айырымдық әдісінде $u(x, 0) = x^3$ дискреттеу үшін қажет:

- $t = 0$ бастапқы уақыт деңгейінде u функция мәні x тордағы мәндермен ауыстырылады.

- әрбір тор x_i түйіні үшін $u(x_i, 0) = x_i^3$ мәні беріледі

Ақырғы айырымдық әдісінде $u_t(x, 0) = 0$ дискреттеу үшін қажет:

- t уақыт бойынша туындыны дискретизациялау.

Бірінші уақыт бойынша қадамда қарапайым жуықтау қолданылады, мысалы, барлық x_i үшін $u_t(x_i, 0) = 0$ деп алуға болады.

II. Шекара шарттары

Шекаралық шарттар әдетте облыс шекараларында көрсетіледі және

функцияның, оның туындыларының немесе олардың комбинацияларының мәндері ретінде көрсетілуі мүмкін. Біздің мәселеміз үшін шекаралық шарттар:

$$t \cdot u(0,t) - u_x(0,t) = t^4, u(1,t) - \frac{t^3}{3} \cdot u_x(1,t) = 1.$$

- $t \cdot u(0,t) - u_x(0,t) = t^4$ - сол жақ шекарадағы шекаралық шарт

Ақырғы айырымдық әдісінде дискретизация үшін сол жақ шекарада (мысалы, x_1 түйіндіде) және t_j уақыт деңгейінде мәндерді табамыз.

Туындының жуықтауын қолданамыз: $u_x(x,t) \approx \frac{u(x+h,t) - u(x,t)}{h}$ (орталық айырма).

Сонда шекаралық шарт келесіге айналады: $t_j \cdot u(1,t_j) - \frac{u(1,t_j) - u(0,t_j)}{h} = t_j^4$.

- $u(1,t) - \frac{t^3}{3} \cdot u_x(1,t) = 1$ - оң жақ шекарадағы шекаралық шарт

Ақырғы айырымдық әдісінде дискретизациялау үшін оң жақ шекарада (мысалы, x_N түйіндіде) және t_j уақыт деңгейінде мәндерді табамыз.

Туындының алдында қарастырылған жуықтауын қолданамыз:

$$u_x(x,t) \approx \frac{u(x,t) - u(x-h,t)}{h}$$

Сонда шекаралық шарт келесіге айналады:

$$u(N_x, t_j) - \frac{t_j^3}{3} \frac{u(N_x, t_j) - u(N_x - 1, t_j)}{h} = 1.$$

4. Итерациялық процесс:

- u_j^{i+1} үшін алынған айырым теңдеуін шешеміз бастапқы және шекаралық шарттарды ескере отырып, әрбір уақыт қабатында.

- тұрақтылық пен дәлдік үшін айқын емес схеманы қолданамыз.

5. Шешімнің визуализациясы:

-Итерациялық процесті аяқтағаннан кейін торда U функцияның мәндерін қамтитын U матрицаны аламыз

-Нәтижелерді тәуелділікті көрсететін графиктер арқылы көрнекі түрде аламыз.

MATLAB TOOLBOX PDE құралдарының ортасында бағдарлама коды сурет- 1 көрсетілген.

Жалпы алғанда, соңғы айырымдық әдісі ғылымның, техниканың және техниканың әртүрлі салаларында дифференциалдық теңдеулерді сандық шешудің өзекті және танымал құралы болып қала береді. Оны пайдалану әрқашан аналитикалық жолмен шешілмейтін әртүрлі физикалық және математикалық процестерді тиімді және дәл модельдеуге мүмкіндік береді.

Name	Value
a	1x101 double
b	1x101 double
c	101x1 double
dt	0.0100
dx	0.1000
i	100
j	10
L	1
Nt	100
Nx	10
t	1x101 double
T	101x11 double
U	11x101 double
x	11x1 double
X	101x11 double

```

>> % Задаем параметры сетки
Nx = 10; % количество точек по x
Nt = 100; % количество точек по t
L = 1; % длина пространства
T = 1; % общее время

dx = L / Nx; % шаг по x
dt = T / Nt; % шаг по t

x = linspace(0, L, Nx+1)'; % сетка по x
t = linspace(0, T, Nt+1); % сетка по t

% Инициализируем матрицу для значений U
U = zeros(Nx+1, Nt+1);

% Задаем начальные условия
U(:,1) = x.^3; % U(x,0) = x^3
U(:,2) = U(:,1) + dt * zeros(Nx+1, 1); % начальное U(t=dt) = U(x)

% Задаем граничные условия
a = t.^4;
b = t.^3 / 3;
c = ones(Nt+1, 1);

% Решаем уравнение методом конечных разностей
for i = 2:Nt
    for j = 2:Nx
        U(j, i+1) = 2*U(j,i) - U(j, i-1) + (dt^2/dx^2) * (U(j+1,i) - 2*U(j,i) + U(j-1,i)) + 6*dt*(t(i) - x(j));
    end
    % Граничные условия
    U(1, i+1) = (2*dt/(dx^2)) * (U(2,i+1) - U(1,i)) + 2*U(1,i) - U(1, i-1) + 6*dt*(t(i) - x(1)) - a(i);
    U(Nx+1, i+1) = (2*dt/(dx^2)) * (U(Nx,i+1) - U(Nx-1,i)) + 2*U(Nx+1,i) - U(Nx+1, i-1) + 6*dt*(t(i) - x(Nx+1)) - b(i)*U(Nx+1,i) - c(i);
end

% Вывод результатов
[X, T] = meshgrid(x, t);
surf(X, T, U');
xlabel('x');
ylabel('t');
zlabel('U(x,t)');
title('Решение уравнения гиперболического типа');

```

Сурет-1. Бағдарлама коды

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Худойбергенов М.У., Нейматова Д.Э. Конечно-разностная схема для одного класса квазилинейных одномерных гиперболических систем. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konechno-raznostnaya-shema-dlya-odnogo-klassa-kvazilineynyh-odnomernyh-giperbolicheskikh-sistem/viewer>
2. Худайбердиев Х., Худайбердиева А., Оразгулыева М. Краевые задачи для системы уравнений гиперболического типа. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kraevye-zadachi-dlya-sistemy-uravneniy-giperbolicheskogo-tipa/viewer>
3. Фазылова, Л. С. Программирование разностного метода решения одной задачи для уравнения гиперболического типа / Л. С. Фазылова, Л. В. Устинова, Д. В. Пак. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2015. - № 10 (90). - С. 68-71. - URL: <https://moluch.ru/archive/90/18470/>

ӘОЖ 519.633

Амангелдіқызы Қ. (22-ММА-2т, ШҚТУ), Мукашева Р.У. (т.ғ.к, ШҚТУ),
Рахметуллина Ж.Т. (ф.-м.ғ.к, ШҚТУ)

ЭЛЛИПТИКАЛЫҚ ТИПТІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРДІ ШЕШУДІҢ АЙЫРЫМДЫҚ ӘДІСІН ЗЕРТТЕУ

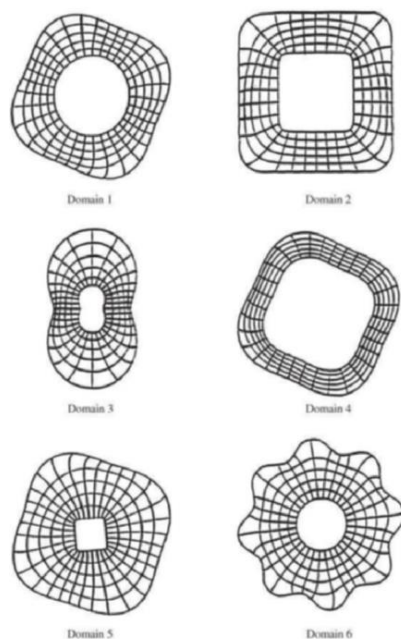
Аңдатпа. Бұл мақалада эллиптикалық дербес дифференциалдық теңдеулерді шешуге арналған қолданбалы жылдам алгоритмдерге шолу жасалады. Мақалада ұсынылған әдістерге салыстырмалы талдау жасалады. Осы алгоритмдерді әзірлеудің идеяларын кейіннен басқа алгоритмдерді одан әрі дамыту үшін пайдалану туралы қысқаша айтылады, олардың кейбіреулері қазіргі уақытта орындалуда. Екі өлшемді Пуассон теңдеуі ақырлы айырмашылықтар әдісімен MATLAB жүйесінде шешілді.

Түйін сөздер. Жылдам алгоритмдер, сандық әдістер, эллиптикалық теңдеулер, екі өлшемді Пуассон теңдеуі, ақырлы айырмашылықтар әдісі.

Эллиптикалық дифференциалдық теңдеулер – математика, физика және инженериядағы құбылыстардың кең ауқымын сипаттайтын дифференциалдық дифференциалдық теңдеулер класы. Жылдам алгоритмдер, процессорлар және көп процессорлы компьютерлер сияқты есептеу ресурстары бұрын соңды болмаған іргелі, өнеркәсіптік, қорғаныс және қауіпсіздік мүдделерінің көптеген ауқымды мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Сонымен бірге, осы есептеу ресурстарының әрқайсысының өзі осы уақытқа дейін елестету мүмкін емес дәлдік пен егжей - тегжейлі шешімдерді қамтамасыз ету мүмкіндігіне ие. [1].

Осы уақытқа дейін әзірлеген жылдам алгоритмдер және онымен байланысты модульдік сериялық және параллельді бағдарламалық қамтамасыз ету қазіргі уақытта екі өлшемді тұрақты коэффициент операторларының қатысуымен бөлінетін эллиптикалық есептерді шеше алады. Алайда, тұрақты коэффициент немесе біртектес емес терминдер әр түрлі жергілікті ерекшеліктерге немесе көп масштабты ерекшеліктерге ие болатын мәселелерде біркелкі емес торларды қолданатын жылдам алгоритмдердің жоғары ретті дәл және өзгертілген нұсқалары қажет. Мұндай модификациялар өте тривиальды емес, өйткені біздің қолданыстағы алгоритмдеріміз біркелкі торда талдауға негізделген. Біздің жылдам алгоритміміздің негізінде жатқан талдауды біркелкі тордан біркелкі емес торға дейін кеңейту ағымдағы зерттеулердің тақырыбы болып табылады. Сондай-ақ, талдауды бөлінбейтін теңдеулер жағдайына дейін кеңейту нақты міндет болып табылады және мұндағы жетістік көптеген салаларға әсер етеді [2].

Талдауға негізделген жылдам алгоритмдеріміз осындай эллиптикалық ішінара дифференциалдық теңдеулердің шешімдерінің интегралды көрінісін дискреттеу нәтижесінде пайда болатын көптеген сандық алгоритмдерден ерекшеленеді. Төменде талдауға негізделген жылдам және дәл алгоритмдерді әзірлеу және олардың кейбір салаларда қолданылуы туралы соңғы зерттеу қысқаша қарастырылды. Нақты жазықтықтағы эллиптикалық теңдеулерге арналған жылдам Алгоритмдер R^2 (сурет 1):



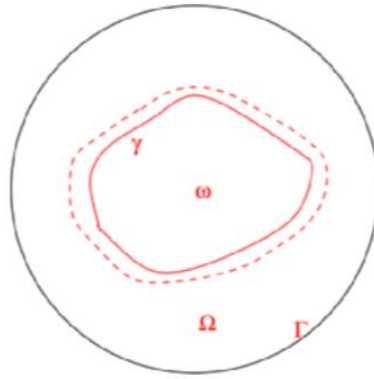
1-Сурет - Қос байланысқан аймақтың квази-конформды дисплейі: кейбір қос байланысқан аймақтардың квази-конформды дисплейі нәтижесінде пайда болатын торлар

Гриннің функционалды тәсілін қолдана отырып, R^2 -де бөлінетін эллиптикалық теңдеулерді шешуде табиғи түрде пайда болады. Сондықтан Дирихле және Нейманның дискілердегі Пуассон теңдеуіне және концентрлі сақина аймақтарына қатысты есептерін шешу үшін ұқсас жылдам алгоритмдер жасалды [3].

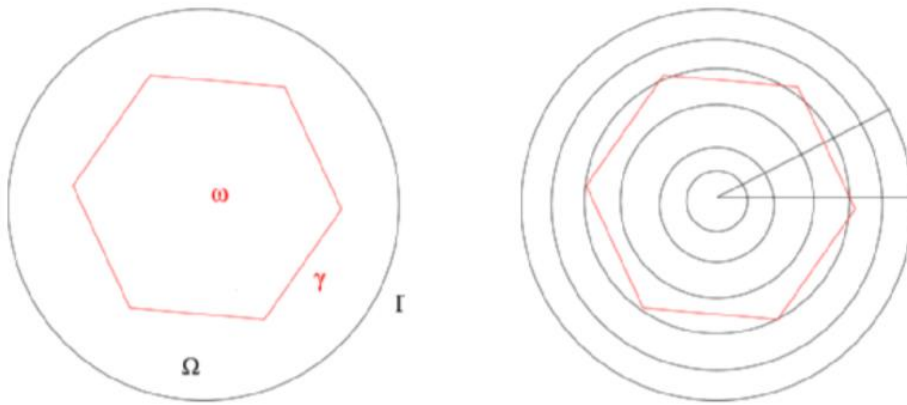
Тұрақты емес аймақтардағы бөлінетін эллиптикалық теңдеулерге арналған жылдам алгоритмдерге келетін болсақ, дөңгелек шекаралары бар тұрақты домендерге арналған жылдам алгоритмді домендік ендіруді қолдана отырып, тұрақты емес домендердегі тапсырмаларға бейімдей отырып, диск тәрізді домен ең жақсы тандау ма, жоқ па, сол мұқият шешіледі. Әрине, бұл тұрақты емес аймақ шекарасының пішініне байланысты. Мысалы, тұрақты емес шекараның пішіні тіктөртбұрыштың пішініне қарағанда шеңбердің пішініне жақын болса, диск тәрізді аймақ оңтайлы болады. Бұл жағдайда біз жылдам алгоритмді және ең кіші квадраттар әдісін (үлестірілген немесе шекаралық басқару) келесідей қолданамыз. Төменде дискіге салынған тұрақты емес домен көрсетілген. Эллиптикалық оператор үшін тапсырма көрсетілген I тұрақты емес аймақта ω оның шекарасымен γ . Дөңгелек шекарасы Γ бар кірістірілген Ω дискісі көрсетілген (сурет 2). (Қазіргі уақытта біз γ мен нүктелі қисық арасындағы жолақ аймағын елемейміз). Тұрақты аймақтағы модификацияланған тапсырма Ω суреттің оң жағында көрсетілген. Модификацияланған мәселені шешуде біздің жылдам алгоритміміз қолданылды. Пуассон теңдеуін шешу үшін біз жылдам алгоритмдерді қолданған тұрақты емес салалардың біреуі ғана көрсетілген (сурет 3). Бұл суретте дискіге салынған алтыбұрыш және диск ішіндегі алгоритмді пайдалану үшін қажет тор жүйесінің бөлігі көрсетілген.

$$\begin{cases} Lu = f & \text{in } \omega \\ u = g_y & \text{on } \gamma, \end{cases}$$

$$\begin{cases} L\bar{u} = \bar{f} & \text{in } \Omega \\ \bar{u} = h_\Gamma & \text{on } \Gamma. \end{cases}$$



2-сурет - Ішкі доменнің айналасында жолағы бар доменді ендіру



3-сурет - Тор, ендіру және ендірілген домендердің иллюстрациясы

Екі өлшемді Пуассон теңдеуін ақырлы айырмашылықтар әдісімен шешу. MATLAB жүйесінде екі өлшемді Пуассон теңдеуін шешу [4].

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{d^2 u}{dy^2} = f(x, y), \quad (1)$$

мұнда x, y – координаттар; $u(x, y)$ – қажетті функция; $f(x, y)$ – тікбұрышты аймақта $x = x_{\min}, x = x_{\max}, y = y_{\min}, y = y_{\max}$ шекараларында Дирихле немесе Нейманның шекаралық шарттары бар үздіксіз функция. $[x_{\min}, x_{\max}]$ сегментте біркелкі координаталық тор Δx қадаммен орнатылады:

$$x = \{x_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}, \quad (2)$$

ал $[y_{\min}, y_{\max}]$ сегментте біркелкі координаталық тор Δu қадаммен орнатылады:

$$y = \{y_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}, \quad (3)$$

(2) және (3) өрнектерімен берілген векторлар тікбұрышты аймақта екі өлшемді біркелкі торды анықтайды:

$$G = \{(x_i = i \wedge x, y_j = j \wedge y), \mid i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m\}. \quad (4)$$

Қарастырылып отырған тапсырма үшін бірінші түрдегі (Дирихле) шекаралық шарттар келесі түрде ұсынылуы мүмкін

$$u(x_1, y) = g_1(y); \quad u(x_n, y) = g_2(y); \quad u(x, y_1) = g_3(x); \quad u(x, y_m) = g_4(x),$$

мұнда $x_1, x_n, x_{\min}, x_{\max}; y_1, y_m$ – облыстың шекаралық нүктелерінің координаттары $y_{\min}, y_{\max}; g_1(y), g_2(y), g_3(x), g_4(x)$ – сәйкес координаттардың кейбір үздіксіз функциялары.

Қарастырылып отырған тапсырма үшін екінші түрдегі (Нейман) шекаралық шарттар келесі түрде ұсынылуы мүмкін

$$\left. \frac{du}{dx} \right|_{x_1, y} = g_1(y); \quad \left. \frac{du}{dx} \right|_{x_n, y} = g_2(y); \quad \left. \frac{du}{dx} \right|_{x_1, y} = g_3(y); \quad \left. \frac{du}{dx} \right|_{x_1, y} = g_4(y).$$

Дирихленің шекаралық шарттарын біркелкі координаталық торда (4) ақырлы айырмашылықтар әдісін қолдана отырып, біз аламыз

$$u_{1,j} = g_1(y_j); \quad u_{n,j} = g_2(y_j); \quad u_{i,1} = g_3(x_i); \quad u_{i,m} = g_4(x_i),$$

мұнда $u_{1,j}, u_{n,j}, u_{i,1}, u_{i,m}$ – сәйкесінше $x_1 y_j, x_n y_j, x_i y_1, x_i y_m$ нүктелердегі $u(x, y)$ функциясының мәндері.

(4) тордағы Нейманның шекаралық шарттарын іріктеу арқылы біз аламыз

$$\begin{aligned} \frac{u_{2,j} - u_{1,j}}{\wedge x} &= g_1(y_j); & \frac{u_{n,j} - u_{n-1,j}}{\wedge x} &= g_2(y_j); \\ \frac{u_{i,2} - u_{i,1}}{\wedge y} &= g_3(x_i); & \frac{u_{i,m} - u_{i,m-1}}{\wedge y} &= g_4(x_i). \end{aligned}$$

Тордың ішкі нүктелері үшін (1) теңдеуді іріктеу арқылы біз аламыз

$$\frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{\Delta y^2} = f_{i,j},$$

$$i = 2, \dots, n-1; j = 2, \dots, m-1,$$
(5)

мұнда $f_{i,j}$ – x_i, y_j координаттары бар тор нүктесіндегі $f(x, y)$ функциясының мәні. Осылайша, іріктеу нәтижесінде $n \cdot m$ өлшемінiң сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз.

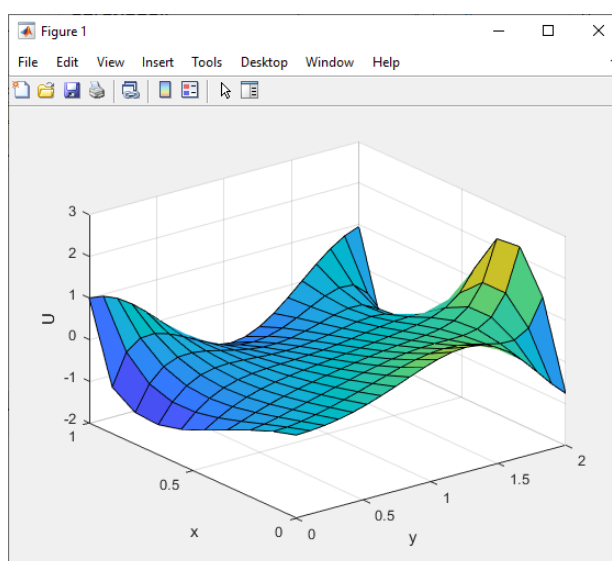
Төменде координаталық шекаралық шарттары бар (3) теңдеудің сандық шешімі үшін функцияның бір нұсқасы берілген (сурет 4).

```

for i=2:n-1
    for j=2:m-1
        a(m*(i-1)+j,m*(i-1)+j)=-2/dx^2;
        a(m*(i-1)+j,m*(i)+j)=1/dx^2;
        a(m*(i-1)+j,m*(i-2)+j)=1/dx^2;
        a(m*(i-1)+j,m*(i-1)+j+1)=1/dy^2;
        a(m*(i-1)+j,m*(i-1)+j-1)=1/dy^2;
        b(m*(i-1)+j)=F(x(i),y(j));
    end
end
u=b/a';
for i=1:n
    for j=1:m
        U(i,j)=u(m*(i-1)+j);
    end
end
>> surf(y,x,U)
xlabel('y')
ylabel('x')
zlabel('U')
grid on
fx >>
  
```

Name	Value
dy	0.1053
f	'exp(-x)+ex...
F	1x1 inline
g1	'sin(y^2)'
G1	1x1 inline
g2	'cos(3*y)'
G2	1x1 inline
g3	'10*sin(x^2)'
G3	1x1 inline
g4	'10*sin(6*x)'
G4	1x1 inline
i	10
j	20
m	20
n	10
N	200
u	1x200 double
U	10x20 double
v1	1
v2	1
v3	2
v4	2
x	[0,0.1111,0.2...
x0	0
xn	1
y	1x20 double
y0	0
ym	2

4-сурет - Қажетті функцияның графигін құру коды $U(x,y)$



5-сурет - Әдепкі параметрлері бар `puass_2d` функциясын пайдаланып екі өлшемді Пуассон теңдеуін шешу графигі

Бұл мақалада эллиптикалық есептерді шешудің пайдалы, дәл, параллель және жылдам алгоритмдерін қарастырылды. Сондай-ақ осы алгоритмдер тұрақты және тұрақты емес домендерде қолданылған кейбір қосымшалары қысқаша көрсетілді. Эллиптикалық типті дифференциалдық теңдеулерді шешудің айырымдық әдісі зерттелді. Дирихле немесе Нейманның шекаралық шарттары бар үздіксіз функциялары сегментте біркелкі координаталық торлар қадамымен орнатылды және екі өлшемді Пуассон теңдеуі ақырлы айырмашылықтар әдісімен MATLAB жүйесінде қажетті функцияның графигі құрылды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Краткий обзор некоторых прикладных быстрых алгоритмов для эллиптических уравнений в частных производных. Пробир Дарица. 7-8 бет. URL: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.2478/s11533-011-0103-2/pdf>
 2. Алгоритмы для эллиптических дифференциальных уравнений в частных производных. Элиас Н. Хаустис. Роберт Э. Линч. 3 – 4 бет. URL: <http://surl.li/rkekf>
 3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ. Е.А. Рындин. 67-68 бет. URL: <http://mat.net.ua/mat/biblioteka/Rindin-Metodi-matfiziki.pdf>
- Математикалық физика теңдеулері. А. С. Сарсекеева. 2015 жыл. 908-101 бет. URL: <https://pps.kaznu.kz/ru/Main/FileShow2/32996//1/0/2015//>

ЭЛЕКТРОФИЗИКАЛЫҚ ЖАБЫНДАРМЕН АСПАПТЫҚ МАТЕРИАЛДАР БЕТТЕРІНІҢ ЖҰМЫСТА ҚАБІЛЕТТІЛІГІ МЕН САПАСЫН АРТТЫРУ

***Аннотация.** Бұл мақала аспаптардың материалын жұмыс қабілеттілігі мен бетінің сапасын арттыру үшін тоғызыншы рет қолданылатын электрофизикалық жабындарды зерттеуге арналған. Өнеркәсіпте қолданылған құралдарға қойылатын заманауи талаптар. Тек жоғары беріктікті емес, сонымен қатар оқшаулауға төзімділікті де қамтиды, бұл жаңа қамту тәсілдерін зерттеуді өзекті етеді.*

Ұсынылған әдебиеттерге шолу даму тарихын, олардың артықшылықтары мен жетістіктеріне байланысты құралдар мен заманауи әдістерге қойылатын заманауи талаптарды ескереді. Теориялық бөлім электрофизикалық әдістердің әсерін, олардың түрлерін және беттік материалдармен өзара әрекеттесуін талдауды қамтиды.

Жұмыстың эксперименттік бөлігі зерттеуге арналған материалдарды таңдауды, электрофизикалық жабындарды қолдану әдістемесін әзірлеуді, әсер ететін материалдардың қасиеттерін сипаттауды және алынған нәтижелерді талдауды қамтиды. Эксперимент нәтижелері құралдардың жұмысына және олардың бетінің өзгеруіне қатысты электрофизикалық жабындарды ескере отырып талқыланады.

Қорытындыда жүргізілген зерттеуден туындайтын негізгі тұжырымдар мен ұсыныстар берілген. Жұмысты салада тәуекелдерді анықтау процестерін оңтайландыру және аспаптық құралдарды пайдалану тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады. Алынған нәтижелер технологиялардың пайда болуы және оларды қолдану аясын кеңейту мақсатында электрофизикалық жабындар саласындағы зерттеулерге перспективалар береді.

***Түйін сөздер:** Электрофизикалық жабындар, құралдар, өнімділік, тозу, коррозия, қолдану технологиялары, экономикалық аспект, даму перспективалары, металл кесетін құралдар, аспаптық өндіріс технологиялары, электрлік өндеу.*

Аспаптық материалдардың бетінің сапасы мен өнімділігі әртүрлі инженерлік қосымшалардың жалпы функционалдығы мен тиімділігінде шешуші рөл атқарады. Электрофизикалық жабындарды қолдану тозуға төзімділігін, коррозияға төзімділігін және жалпы беріктігін арттыру арқылы осы беттерді жақсартудың перспективалы тәсілі ретінде пайда болды. Бұл мақалада біз электрофизикалық жабындардың аспаптық материалдардың беттерінің өнімділігі мен сапасын жақсартудағы артықшылықтары мен қолданылуын қарастырамыз.

Қазіргі индустрияда құралдардың өнімділігін арттыру және олардың өнімділігін жақсарту маңызды аспект болып табылады. Электрофизикалық жабындар құралдардың тиімділігін арттыруға ықпал ететін осы бағыттағы перспективалық зерттеу саласын білдіреді. Әр түрлі салаларда қолданылатын аспаптық материалдарға қойылатын заманауи талаптарға жоғары беріктік, өндіріске төзімділік және өнімділіктің жоғарылауы жатады. Бұл сипаттамаға қол жеткізу үшін әртүрлі жабу технологиялары, электрофизикалық әдістер қолданылады.

Зерттеудің мақсаты-электрофизикалық жабындарды қолдана отырып, аспаптық материалдар беттерінің өнімділігін арттыру және сапасын жақсарту.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды: - аспаптық материалдарды жабудың қолданыстағы әдістерін қарастыру. - Электрофизикалық жабындардың әрекет ету бағыттары мен принциптерін зерттеу. - Аспаптық материалдардағы электрофизикалық жабындардың тиімділігін эксперименттік зерттеу. - Нәтижелерді талдау және электрофизикалық жабындарды қолдану процесін оңтайландыру стратегиясын әзірлеу. Электрофизикалық жабындар - негізгі аспектілері мен қасиеттері

Электрофизикалық жабындар-бұл әртүрлі электрохимиялық және физикалық әдістерді қолдана отырып, субстрат материалдарына салынған жұқа қабықшалар. Бұл жабындар қаттылық, адгезия және тозуға және коррозияға төзімділік сияқты субстраттың беттік қасиеттерін өзгертуге арналған. Электрофизикалық жабындарды металдарды, керамиканы, полимерлерді және композиттерді қоса алғанда, аспаптық материалдардың кең ауқымына қолдануға болады, бұл оларды бетінің өнімділігін арттыру үшін әмбебап шешім етеді.

Электрофизикалық Жабындардың артықшылықтары

Электрофизикалық жабындардың басты артықшылықтарының бірі- олардың аспаптық материалдардың беттік қасиеттерін едәуір жақсарту қабілеті. Бұл жабындар субстраттың қаттылығы мен тозуға төзімділігін арттыруы мүмкін, бұл ұзақ қызмет ету мерзіміне және техникалық қызмет көрсету шығындарының төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, электрофизикалық жабындар коррозиядан тамаша қорғауды қамтамасыз ете алады, бұл оларды қатал ортада қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Электрофизикалық жабындардың тағы бір маңызды артықшылығы- олардың аспаптық материалдардың функционалдығын арттыру мүмкіндігі. Жабындарды майлаудың жоғарылауы, үйкелістің төмендеуі немесе жылу диссипациясының жоғарылауы сияқты белгілі бір беттік қасиеттерді қамтамасыз ету үшін бейімдеуге болады. Бұл теңшеу белгілі бір қолданбаның талаптарына сәйкес беттің өнімділігін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта өндіріс технологияларының дамуына және көптеген ғылымды қажет ететін салаларда, соның ішінде аэроғарыш, автомобиль, тамақ, медицина салаларында жаңа композиттік материалдарды қолдануға байланысты ультра жоғары жиілікті (микротолқынды) диапазондағы материалдардың электрофизикалық параметрлерін өлшеудің жоғары дәлдіктегі әдістері айтарлықтай маңызға ие. Себебі, қолданыстағы материалдарды практикалық қолдану, сондай-ақ жаңа материалдарды мақсатты түрде синтездеу және олардың негізінде құрылымдар құру олардың электрофизикалық қасиеттерін кең жиілікте эксперименттік зерттеулерге жүгінбестен жүзеге асырыла алмайды [1-3].

Әрбір материалда электромагниттік қасиеттердің бірегей жиынтығы бар, олардың дәл өлшемі ғалымдар мен инженерлерге осы материалдарды әзірленіп жатқан құрылғыларда оңтайлы пайдалануға немесе жоғары сапаны қамтамасыз ете отырып, өндіріс процестерін бақылауға мүмкіндік беретін құнды ақпарат бере алады. Композициялық материалдардың электрофизикалық параметрлерін зерттеу нәтижелерін практикалық қолдану Жобалау циклдерін қысқартуға, кірісті бақылауды, технологиялық процестерді бақылауды және сапаны бақылауды жақсартуға мүмкіндік береді [4].

Қазіргі уақытта заманауи микротолқынды технологияда мәні бойынша гетерогенді құрылымдар болып табылатын электромагниттік сәулеленуді (ЭМИ) сіңіретін композициялық материалдар үлкен маңызға ие. Мұндай материалдардың типтік мысалы-екі компоненттен тұратын полимерлі радио сіңіргіш жабындар (RPP): RPP пайдалану қасиеттерін көбірек анықтайтын матрица, сондай-ақ бірінші кезекте RPP электрофизикалық қасиеттерін анықтайтын әртүрлі толтырғыштар. Толтырғыштар ретінде нанометрлік өлшемдегі өткізгіш бөлшектерді де қолдануға болады

Өздеріңіз білетіндей, электромагниттік толқынның (ЭМВ) материалмен өзара әрекеттесуін сипаттайтын кез-келген заттың негізгі электрофизикалық параметрлері салыстырмалы болып табылады диэлектрлік ϵ және магниттік μ өткізгіштік. Материалдың электрлік қасиеттерін сипаттау үшін диэлектрлік өткізгіштіктің күрделі түрі қолданылады:

$$\epsilon = \epsilon' + j \epsilon'' = \epsilon' / (1 + \mu^2), \quad (1a)$$

мұндағы ϵ' , ϵ'' - сәйкесінше диэлектрлік өткізгіштіктің нақты және ойдан шығарылған бөліктері; TGS-диэлектрлік жоғалту бұрышының тангенсі.

Материалдың магниттік қасиеттерін сипаттау үшін магниттік өткізгіштіктің күрделі түрі қолданылады:

$$\mu = \mu' + j \mu'' = \mu' (1 + \tan^2), \quad (1b)$$

мұндағы μ' , сәйкесінше магниттік өткізгіштіктің нақты және ойдан шығарылған бөліктері; TGV-магниттік жоғалту бұрышының тангенсі.

Екінші жағынан, белгілі бір құрылым мен қалыңдықтағы материал үлгісінен электромагниттік реакцияны сипаттайтын маңызды радиофизикалық параметрлер шағылысу (КО) және өту коэффициенті (КП) болып табылады. Бұл параметрлер заттың өзіне тән емес және үлгі жасалған материалдардың қасиеттерін анықтамайды. Алайда, практикалық тұрғыдан алғанда, осы радиофизикалық сипаттамаларды дәл өлшеу кейде материалдық параметрлер туралы мәліметтерден гөрі құнды ақпарат бере алады, мысалы, композиттік радио мөлдір, сондай-ақ әр түрлі мақсаттағы радио сіңіргіш материалдардың (RPM) тиімділігін бағалау кезінде [5].

Сондықтан гетерогенді материалдар мен құрылымдардың электрофизикалық параметрлерін өлшеудің жаңа әдістерін әзірлеу, сондай-ақ қолданыстағы әдістерді жетілдіру, микротолқынды диапазондағы әртүрлі, соның ішінде жаңа, RPM және RPP радиофизикалық қасиеттерін зерттеу өзекті міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: 1) материалдардың электрофизикалық параметрлерін өлшеудің жаңа әдістерін әзірлеу; 2) гетерогенді сіңіргіш материалдар мен құрылымдардың электрофизикалық қасиеттерін зерттеу, микротолқынды пештің қажетті қасиеттері бар жаңа РРМ және ППП әзірлеуге бағытталған.

Осы мақсаттарға жету үшін келесі міндеттер шешілді:

1) бос кеңістіктегі материалдардың диэлектрлік және магниттік Өткізгіштігін өлшеу дәлдігін арттыру тәсілін әзірлеу және зерттеу.

2) жиіліктер мен температуралардың кең диапазонында радио сініргіш жабындардың электрофизикалық микротолқынды параметрлерінің температураға тәуелділігін зерттеу әдісін әзірлеу.

3) ультра кең жиілік диапазонында карбонил темір негізіндегі композициялық материалдардың электрофизикалық қасиеттерін зерттеу.

4) антенна жүйелерінің электромагниттік үйлесімділігін жақсарту үшін қолданылатын РПМ әзірлеу және зерттеу.

Зерттеу әдістері. Зерттеулер дәлелденген эксперименттік әдістермен, соның ішінде алынған мәліметтердің дұрыстығын қамтамасыз ететін автор әзірлеген әдістермен жүргізілді. Р Ешеннің бірқатар міндеттері теориялық және сандық әдістерді қолдана отырып.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

1. Спектрдің төмен жиілікті аймағындағы материалдардың шағын өлшемді Парақ үлгілерінің диэлектрлік және магниттік өткізгіштігін анықтау дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін $\wedge$ -параметрлерді өлшеу нәтижелерін түзетудің математикалық алгоритмі ұсынылған.

2. ППП үлгілеріне температураға тәуелділікті өлшеудің жаңа әдісі ұсынылды, бұл қолданыстағы әдістерден айырмашылығы оң ғана емес, сонымен қатар теріс температураға ұшыраған кезде жабындардың электрофизикалық қасиеттерін бақылауға мүмкіндік береді.

3. Сфероидты түйіршіктері бар ұсақ дисперсті карбонил темір негізіндегі композиттер болып табылатын гетерогенді құрылымдардың магниттік өткізгіштігінің жиілікке тәуелділігінде Аарони алмасу режимдері болып табылатын жоғары жиілікті резонанстық режимдер табылды және зерттелді.

4. Жоғары температуралы процестердің зымыран-ғарыш техникасында қолданылатын радиопластикалық жылу қорғайтын материалдардың электрофизикалық қасиеттеріне әсері егжей-тегжейлі зерттелген.

Зерттеудің негізгі нәтижелерін қорытындылау, аспаптық материалдар беттерінің өнімділігі мен сапасын арттыру үшін электрофизикалық жабындарды қолданудың маңыздылығын атап көрсету. Электрофизикалық жабындар аспаптық материалдардың беттерінің өнімділігі мен сапасын жақсарту үшін жан-жақты және тиімді шешім ұсынады. Тозуға төзімділікті, коррозиядан қорғауды және функционалдылықты арттыру арқылы бұл жабындар инженерлік қолданбалардың кең ауқымының қызмет ету мерзімін және тиімділігін арттыруға көмектеседі. Осы саладағы зерттеулер мен әзірлемелер алға жылжып келе жатқандықтан, электрофизикалық жабындарды одан әрі инновациялар мен қолдану әлеуеті орасан зор, бұл оларды әртүрлі салалардағы беттік қасиеттерді жақсартудың құнды құралына айналдырады

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. [Rakhadilov, B.K., Sagdoldina, Zh.B., Ocheredko, I.A., Kombayev, K.K., Khasenov, A.K.](#) Impact research of electron beam processing on the structure and properties of PA6 polyamide//[Eurasian Physical Technical Journal](#)[this link is disabled](#), 2019, 16(2), pp. 43–47. DOI10.31489/2019No2/43-47
2. Будилов, В. В. Моделирование процесса локального ионного азотирования с эффектом полого катода на примере детали «зубчатое колесо» / В. В. Будилов, К. Н. Рамазанов, Ю. Г. Хусаинов, И. В. Золотов // Вестник УГАТУ. – 2015. – № 2. – С. 3.
3. Герасимов, С. А. Моделирование процесса ионного азотирования / С. А. Герасимов, М. Г. Крукович, Е. А. Бадерко, Н. П. Клочков // Наука и образование: научное издание МГТУ. – 2013. – № 1. – С. 313.

УДК 53.05

Әсетов Е.Ә. (23-ТФК-1, ШҚТУ), Табиева Е.Е. (PhD, ШҚТУ),

Арингожина З.Е. (ШҚТУ), Молдабаева Г.С. (ШҚТУ)

ФИЗИКАЛЫҚ ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАСЫ: 21 ҒАСЫРДАҒЫ ОҚЫТУДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ МЕДИА

***Андатпа.** Қазіргі кезде информатика мен физика ғылымдары салаларында бірігу үдерісі болып жатыр. Оның жарқын үлгісі – физикадағы виртуалды зертханалар. Виртуалды зертханалар оқыту үдерісінде, практикалық лабораториялық сабақтарда кеңінен қолданылуы мүмкін. Бұл жұмыста виртуалды зертханаға анықтама беріліп, оны зерттеушілердің еңбектеріне шолу жасалған. Виртуалды зертхананың артықшылықтары, пайдасы туралы да мәліметтер қамтылған. Негізгі бөлімде виртуалды зертханада жұмыс істеу, соның ішінде Phet Colorado-дағы симуляторлар жөнінде шолулар жасалған. Жұмыстың мақсаты: виртуалды зертхананың пайдасын түсіндіру, оның қолданылуын кеңейтуге ықпал ету болып табылады. Виртуалды зертханалар – 21-ғ ең озық жобаларының бірі екендігі уақыт өте келе дәлелдене беретін болады деп ойлаймын.*

***Түйін сөздер:** физика, виртуалды зертхана, тәжірибелер, виртуалды симуляторлар.*

Зертханалық жұмыс физиканың, сондай-ақ басқа жаратылыстану пәндерін оқудың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл студенттерге тұжырымдамалар мен практикалық дағдыларды меңгеруге және теорияны шынайы түрде түсінуге көмектеседі. Сонымен қатар, практикалық зертхана студенттердің ғылымға деген құштарлығын және оң көзқарасын арттырады. Маңыздылығына карамастан, зертханалық жұмыс әлі күнге дейін көптеген қиындықтармен бетпе-бет келіп отыр. Мәселен зертханалық жабдықтар мен материалдардың қымбаттығы және жұмыс қауіпті эксперименттер жасағандағы адам өміріне төнетін қауіптер және т.б. Сол себептен де бұл мәселелерді шешу мақсатында ақпараттық-коммуникациялық технологияларды (симуляциялар, анимациялар, бейнелер және визуализациялар сияқты) қолданады. Виртуалды зертхананы студенттерге тәжірибелерді виртуалды түрде жүргізуге мүмкіндік беретін эксперименттік модельдеу және бейнелер жиынтығы ретінде түсінуге болады. Студенттер кез келген уақытта және кез келген жерде ноутбуктер мен смартфондар арқылы виртуалды зертхананы пайдалана отырып, ғылыми ұғымдарды біліп, жаңа дағдыларды ала алады. Сонымен қатар, виртуалды зертхана нақты зертханада құрал-жабдықтардың жетіспеуіне, материалдардың жоқтығына, тәжірибе жүргізу кезіндегі қауіп-қатерлердің болуына байланысты жүргізу қиын болған тәжірибелерді виртуалды түрде жүргізуге мүмкіндік алады. Сонымен қатар, виртуалды зертханаларда студенттер табиғи құбылыстардың көрнекі көріністерін бақылай алады, деректер жинай алады, әрі болжам жасай алады және студенттердің ғылыми ізденіс процестеріне белсенді қатысуы үшін көптеген жағдайлар жасалынады.

Алдыңғы зерттеулерге шолу виртуалды зертханаларды қолдану студенттердің физиканы практикалық оқуына жалпы оң әсер ететінін көрсетеді. Алнейади зерттеулері виртуалды зертхананы қолданған студенттердің білімі, танымы, шеберліктері, таланты артатындығын дәлелдеген. Студенттер

виртуалды зертхананы қолданғанда жеке өзі симуляциялар жасауға мүмкіндік алады. Егер түсінбеген жағдайда тәжірибені тоқтатып немесе ақырындатып, процесті толық түсіне алады. Және керек жағдайда бір тәжірибені бірнеше рет жасай алады. Бұл студенттерге практикалық сабақты игеруге үлкен көмекші деп айтуға болады.[1]

Виртуалды зертханаларды қолданудың артықшылықтары:

Ыңғайлылық. Virtual lab-тың соңғы технологиялық жетістігі оның смартфондар мен планшеттер сияқты мобильді құрылғыларда жұмыс істей алуы және мектеп уақытында және оқу уақытында пайдаланылуы болып табылады. Мұғалімдер мен студенттер тәжірибелерін өздеріне ыңғайлы уақытта және ыңғайлы жерде орындай алады және зертхана ғимаратында болу қажет емес. Мұны тәуелсіздік пен концептуалды түсінуді жақсарту үшін VL пайдалану әлеуетін зерттеген Арист пен Кусванто (2018) қолдайды. Олардың зерттеу нәтижелері VL мектеп ішінде де, мектептен тыс уақытта да қолданыла алатынын және оқушылардың оқу дербестігін жақсартатынын көрсетті.

Тәжірибелер үшін қауіпсіз орта. Нағыз ғылыми зертханаларда эксперименттер жүргізу студенттерді әсіресе өрттен, қауіпсіздіктен, химиялық заттардан немесе жануарлар үлгілерінен қауіптерге ұшыратуы мүмкін. Пайда болуы мүмкін кейбір қауіптерге электр тогының соғуы, газдың ағуы, жағымсыз химиялық реакциялар және инфекциялар жатады (Aliyu & Talib, 2019; Muhamada et al., 2012). Алдыңғы зерттеулерден VL-тің ең ерекшеленген артықшылықтарының бірі – нақты зертханалармен байланысты қауіптерді жою болып табылатынын байқауға болады. Сонымен қатар, Castello et al. (2020) «Ғылымға арналған нақты және виртуалды биологиялық өмір зертханасы» атты зерттеуінде виртуалды зертхананың таңғаларлық ерекшелігі мұғалімдер мен студенттердің виртуалды және қауіпсіз ортада эксперименттерді еркін жүргізуі мүмкін екенін ерекше айтып өтті.

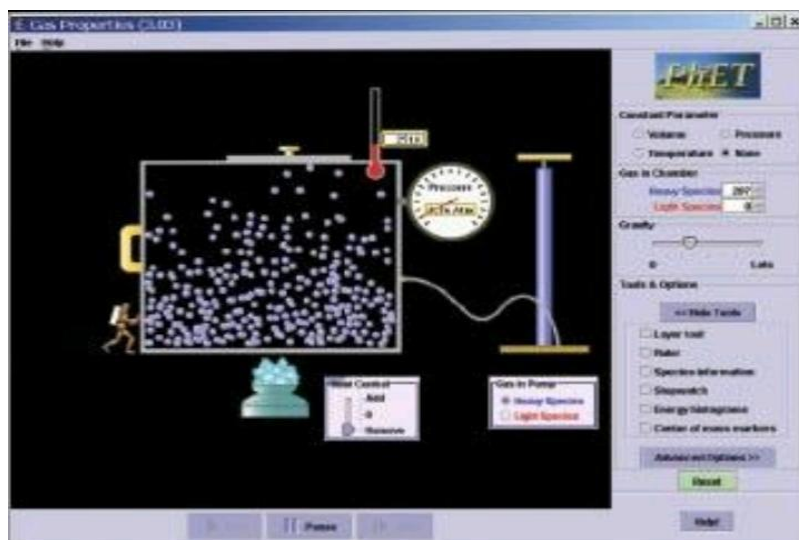
Қолжетімділік. Нақты зертханаларда зертханалық тәжірибелердің болуы өте қымбат болуы мүмкін, әсіресе ауыл мектептерінде мұндай қызметке мүмкіндік жоқ десек болады. Шығындар құны озық зертханалық жабдықты сатып алудан, жабдыққа техникалық қызмет көрсетуден және зертханалық шығын материалдарын толықтырудан туындайды (Ogunleye, 2010; Oliveira et al., 2019). VL эксперименттері ауылдық мектептер үшін жақсы зертханалық тәжірибелерді жасау кезінде зертханалық шығындарды азайту тұрғысынан физикалық зертханаға тамаша балама бола алады (Diwakar et al., 2019, Gambari et al., 2017; Lestari and Supahar, 2020). Виртуалды зертханалық тәжірибелер модельдеуді пайдаланатын виртуалды ортада жүргізілетіндіктен, бұл бір рет жасалғаннан кейін модельдеу қосымша операциялық шығындарсыз қажет болғанша бірнеше рет іске қосылатынын білдіреді. Себебі VL қолданбаларында зертханалық жабдықтар тозбайды және химиялық реагенттер жарамдылық мерзімі бітпейді. Бұл VL мүмкіндігі ауылдық мектептердегі шектеулі ресурстарға байланысты студенттерге нақты зертханаға байланысты шығындарға байланысты орындай алмайтын стандартты эксперименттерді орындауға мүмкіндік береді.[2]

Virtual Laboratory Stars - (ғалымдар мен зерттеушілерге арналған

бағдарламалық құрал) – Массачусетс технологиялық институтының (MIT) ғылыми-зерттеу және оқыту үшін виртуалды зертханаларды әзірлеуге арналған бағдарламалары. Бағдарламаның қызметі биология, биохимия, генетика, гидрология және таратылған есептеулер салаларында оқу және ғылыми-зерттеу қосымшаларын әзірлеу болып табылады. Бағдарламаның ресми сайты: <http://star.mit.edu>. *VirtuLab* – студенттерге арналған физика, химия, биология, экология салалары бойынша виртуалды зертханалық жұмыстарды әзірлеуге арналған жоба. Жоба виртуалды лаборатория жұмыстарды әзірлеуге Flash технологиясын қолдану арқылы жасалынған. *VirtuLab* жобасының веб-сайты: <http://www.virtulab.net/>. *Phet Colorado* – Колорадо университеті әзірлеген виртуалды зертхана жобасы. Ол ең бастысы физика, химия, математика және биология, жер туралы ғылым салалары бойынша демонстрациялық құбылыстардың виртуалды зертханалық жұмыстарын қамтиды. Жоба көрнекі әрі қызықты-танымды болғандықтан кең танымал. [3]

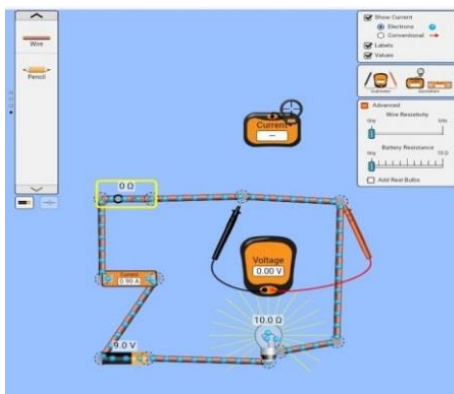
The Physics Education Technology (PhET) физиканы оқыту және үйрену үшін пайдалы модельдеулерді жасайды және оларды Pthet веб-сайтында (<http://phet.colorado.edu>) еркін қолжетімді етеді. Симуляторлар (SIMS) – студенттер барлау арқылы үйренетін анимациялық, интерактивті және ойынға негізделген орталардан тұрады. Веб-сайтта 50-ге жуық интерактивті виртуалды симуляторлар бар.

Phet-те жұмыс жасау өте оңай. Мәселен, Газ қасиеттері (сурет 1) симуляторын қарастырып көрейік.



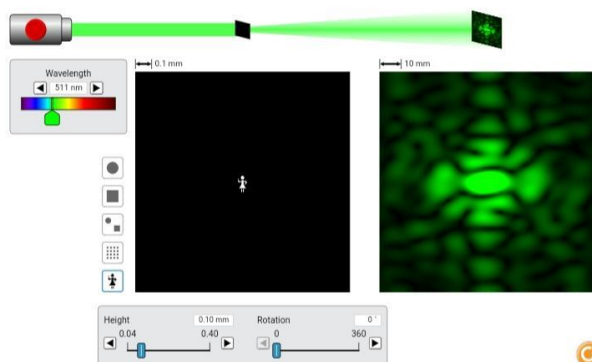
Сурет 1- Газ қасиеттері – Phet Colorado [4]

Бізге ашылған симуляторда сорғы және ауасы сорылған бос кеңістігі бар ыдыс беріледі. Біз нұсқаулыққа сүйене отырып, ыдысқа сорғы арқылы газ молекулаларын жібереміз. Тақтада оның қысымы, көлемі, температурасы туралы толық мәлімет беріледі. Біз оны қыздыру және суыту жұмыстарын жүргізіп, оның қасиеттерін анықтай аламыз. Бұл Менделеев-Клапейрон теңдеуінің практикалық дәлелдемесін түсінуге таптырмас виртуалды тәжірибе болып табылады. Дәл осы секілді келесі тәжірибелерді талдап өтсек болады.



Сурет 2- Электр схемалары

Электр схемалары (сурет 2) виртуалды симуляторында біз өзіміз қалаған электрлі тізбектер құра аламыз. Тізбек арқылы өтетін ток күшін, кернеуді реттей аламыз. Әрі амперметр және вольтметр сынды құрылғыларды тізбекке жалғап қолдануды үйрене аламыз. Артықшылықтары: қауіпсіз, тәжірибені бірнеше рет қайталап оңай түсінуге болады. Негізгі тізбек жалғау ережелерін (электр тогы қалай өтеді, кілтті қалай қосу керек т.б.) тәжірибе нәтижесінде біле аламыз. Ал шынайы зертханада толық теория білмей іске кірісе алмас едік, әрі процесті визуалды түрде толық түсіне алмас едік.

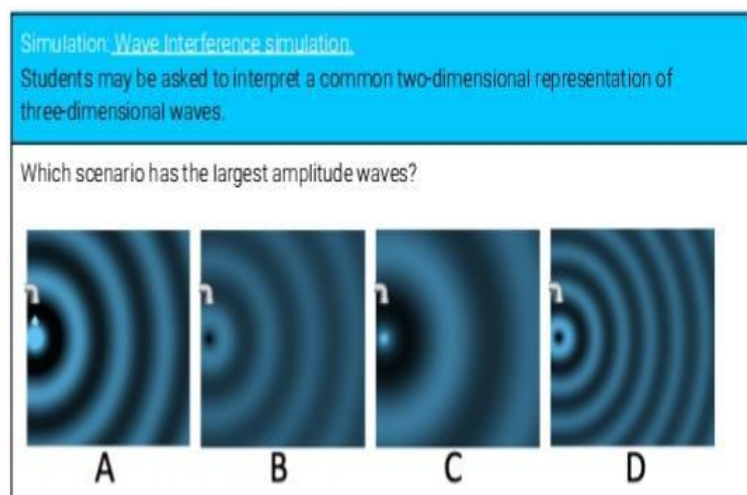


Сурет 3- Дифракция құбылысы

Phet-виртуалды лабораториясында кванттық физика, дифракция, интерференция, жарық құбылыстары бойынша да симуляторлар бар. Сурет 3 - те дифракциялық көріністер сызбасы көрсетілген. Бұл жерде симулятор жарық алдына бірнеше денелерді қоюға мүмкіндік береді. Ал біз оның дифракция құбылысын кейінгі көріністерін толық бақылай аламыз. Артықшылықтары: тәжірибе нақты, көрнекі жүргізіледі. Нақты зертханада біз кескіндерді жүйелік қателерге, құралдарға байланысты көрнекі ала алмайтын едік.

Phet-ті сабақ түсіндіруде қолдану. Phet- тапсырмалары мен жаттығулары

Phet- виртуалды зертханасында лекциялар жинақталған. Оған тіркелген мұғалімдер қол жеткізе алады. Лекция мен симуляциялар соң алынған білім мен дағдылардың қаншалықты деңгейде екендігін ескеру мақсатында сұрақтар мен тапсырмалар беріледі. Бұл сабақты визуалды әрі қызықты, күрделі етуге көмектеседі. Мәселен, келесі сұрақтарды қарастырсақ болады (Сурет 4).



Сурет 4-Толқын

Сурет 4-те толқын бойынша сұрақ берілген, бұл оның ең үлкен амплитудасын анықтауға арналған сұрақ. Сұрақ деңгейі күрделі, әрі тақырыпты меңгеруге практикалық түрде толыққанды мүмкіндік бере алады.

Виртуалды зертханалар – 21-ғасырдағы ең маңызды технологиялардың бірі болып саналады. Олардың практикада артықшылықтары өте көп. Әсіресе физикалық зертханалық жұмыстарды жасау кезінде: құрал-жабдықтар жоқтығы, қауіпсіздік ережелерінің сақталмауы сынды маңызды мәселелерді шешуге көмектеседі. Әрі Виртуалды симуляторлар жұмысты нақты, дәл орындауға көмектеседі. Оқытушылар үшін сабақ түсіндіруде де көмекші құрал болып табылады. Симуляторлар – өте оңай әрі түсінікті болғандықтан, оқушыларға тақырыпты оңай, визуалды түрде түсінуге көмектеседі. Жалпылама айтқанда виртуалды зертханалар – жақын болашақта білім саласының ажырамас бөлігіне айналатындығына күмән жоқ.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Chader Hamed., Ahmad Aljanazrah. The effectiveness of using virtual experiments on student's learning in the general physics lab. – Ramallah. – 2020. - 979-982-б
2. Brian Shambare., Clement Simuja. A critical review of teaching with virtual lab. – Makhandu. – 2022.- 399-401 б.
3. Трухин А.В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании. – 2002. – 1-4-б.
4. Wendy Adams., Noah D. Finkelstein., Phet interactive simulations for teaching and learning physics. Colorado.- 2006.- 18-21 б.
5. Ramy Elmoazen., Mohammed Saqr., Mohammed Khalil., Barbara Wasson. Learning analytics in virtual laboratories: A systematic literature review of empirical research. – Bergen. – 2023. – 1-20 б.

КОМПОЗИТТИҢ БЕРІКТІГІН ЗЕРТТЕУ

***Аңдатпа.** Мерзімді құрылымдарды зерттеу дірілді, шуды және дыбыс оқшаулауын бақылау құрылғылары мен қолданбаларында және басқа салаларда маңызды қолданбаларды табады. Композициялық материалды жобалаудағы маңызды міндеттердің бірі оның болашақ қасиеттерін анықтау болып табылады. Негіз ретінде периодты құрылымдар болып табылатын фонндық кристалдар алынды. Компоненттердің қасиеттері мен комбинацияларын табуға арналған бағдарламалық жасақтама жасалды. Мақала композициялық материалдардағы толқындық процестерді модельдеу әдістеріне арналған.*

***Түйін сөздер:** Композициялық материалдар, сандық әдістер, фонндық кристалдар, бағдарламалық жасақтама*

Қазіргі кезең тұрақты дамуға, табиғи ресурстарды сақтауға және қоршаған ортаның ластануын төмендетуге көшумен сипатталады. Инновациялық технологиялар мен композициялық шешімдер дәстүрлі материалдар мен өндірісті алмастырады, сонымен қатар жоғары беріктік, жеңіл салмақ және төмендетілген шығындар сияқты қасиеттерді көрсетеді. Композиттік материалдар индустриясы автоматтандыруды, электрониканы, 3D басып шығаруды және әртүрлі сенсорларды біріктіруде [1].

Бағдарламалық жасақтама композиттік материалдарды әзірлеу мен өндірудің әртүрлі кезеңдерінде ажырамас болып табылады. Композит құрылымын модельдеуге арналған бағдарламалар да бар, яғни пішін мен дизайн компоненттердің әртүрлі түрлерін ескере отырып жасалған.

Бұл мақалада гетерогенді ортадағы толқындардың қысымы мен таралу жылдамдығын есептеуге арналған бағдарламалық жасақтама берілген және осы есептеулерден алынған кейбір мысалдар келтірілген.

Бұл бағдарламалық жасақтама жиілік сияқты құрылымның кеңістіктік ерекшеліктерін ескеретін тәсілді қолданды.

Бұл тәсілдің ерекшелігі-компоненттердің полидисперсиясын ескеретін сандық әдістерді әзірлеу.

Қазіргі физика тербелістердің таралу процестерін тек осы тербелістердің көзіне әсер ету арқылы ғана емес, сонымен қатар таралу ортасының қасиеттерін белсенді түрде өзгерту арқылы басқаруға мүмкіндік береді. Физика ғылымының бұл саласы фонетика деп аталады [2].

«Фонон» термині кванттық электроникадағы фотон ұғымына ұқсастықпен жасалған. Классикалық және кванттық механика сияқты, акустикадағы кванттық әсерлер макроскопиялық процестерді зерттеуде маңызды рөл атқармайды. Алайда, нәзік акустикалық құбылыстарға көшу кезінде осы құбылыстардың кванттық теориясын құру қажеттілігі туындайды.

Гетерогенді ортада акустикалық толқындардың таралу проблемасын тербелістердің шексіз диапазонына, сондай-ақ шағылысу, шашырау және өту толқындарының пайда болуына байланысты зерттеу қиын, бұл өз кезегінде композициялық құрылымның геометриясына байланысты.

Фонондық кристалдар ауадағы дыбысты тарату үшін метрлік периодты құрылымдардан ақпаратты өңдеу үшін нанометрлік құрылымдарға дейін немесе интегралды микросхемалардың бетін жылытудан қорғау үшін кең ауқымды қамтиды [3, 4].

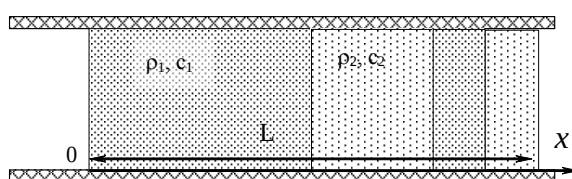
Осылайша, фотониканың міндеттері күрделі периодты құрылымы бар ортада серпімді тербелістердің таралуын зерттеу болып табылады. Мұндай тапсырмалардың кейбір мысалдары және оларды шешу жолдары шолуда келтірілген [5].

Фонондық кристалдар-бұл жасанды құрылымдалған материалдардың жаңа класы, олардың ерекшелігі олардың құрылымындағы атомдардың қозғалысын басқару болып табылады. Фонондық кристалдар толқындардың іргелі қасиеттерін, мысалы, шашырау мен интерференцияны пайдаланып, "тыйым салынған аймақтарды", яғни толқындар құрылым арқылы таралмайтын толқын ұзындығының немесе жиіліктің диапазондарын құрайды.

Бұл мақалада екі компонентті фонон кристалы қарастырылады, оның құрамдас бөліктерінің бірі су тамшылары, екіншісі ауа көпіршіктері. Есептеулер монодисперсті орта үшін де (екі компоненттің бөлшектері бірдей болған кезде) және полидисперсті орта үшін де (екі компоненттің бөлшектері әртүрлі мөлшерде болған кезде) орындалады.

Гетерогенді ортада толқындардың таралу ерекшеліктерін зерттеген алғашқы жұмыстар бар [6]. Фонондық кристалдарды қолдана отырып, гетерогенді орталарды модельдеу іс жүзінде толқындардың таралуын зерттеу әдістерінің бірі болып табылады.

Сәйкесінше су (ρ_1, c_1) және ауа (ρ_2, c_2) параметрлері бар екі ортадан және L ұяшығының ұзындығынан тұратын газ - су жүйесін қарастырыңыз, мұндағы c - тиісті ортадағы дыбыс жылдамдығы, ал ρ -тыныштықтағы ортаның тығыздығы. Периодтық құрылым 1-суретте көрсетілген және келесі схемаға сәйкес келеді: $1/2$ су $+1/4$ ауа $+1/8$ су $+1/8$ ауа $=1$.



1 сурет – құрылым және белгілеу геометриясы

Орта (ρ_1, c_1) – сұйықтық екінші ортаға қарағанда тығызырақ (ρ_2, c_2) – газ. Бұл құрылымда бұл орталар кезектесіп отырады және әртүрлі көлемде немесе ұзындықта болады. Аймақтарды қарастырыңыз:

$$\begin{aligned}\Omega_1 &= \{x: 0 \leq x \leq k_1\} \\ \Omega_2 &= \{x: k_1 \leq x \leq k_2\} \\ \Omega_3 &= \{x: k_2 \leq x \leq k_3\} \\ \Omega_4 &= \{x: k_3 \leq x \leq 1\}\end{aligned}$$

мұндағы x -кеңістіктік айнымалы, ал k -тиісті ортамен толтырылған аймақтың өлшенбейтін ұзындығы.

Дыбыс толқындары осы ортада сәйкесінше акустикалық қысымның бұзылуымен сипатталады. Гельмгольц теңдеулері серпімді және акустикалық толқын теңдеулерін шешу үшін қолданылады.

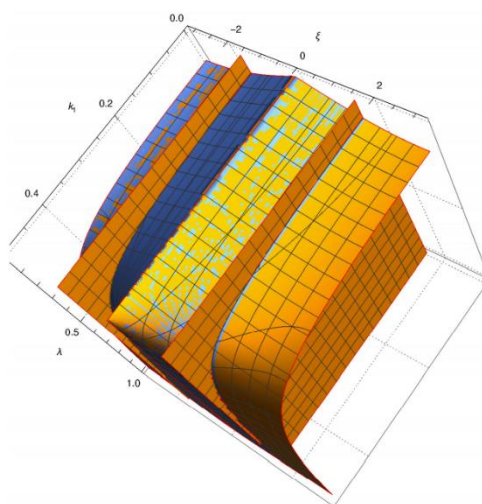
Есептеу сериясы барысында біз 8×8 матрицасын аламыз [7].

Содан кейін газ-су параметрлерінің мәндерін ауыстырыңыз

$$\rho_{\text{ауа}} = 1,204, c_{\text{ауа}} = 331, \quad \rho_{\text{су}} = 999, c_{\text{су}} = 1500,$$

$$k_1 + k_3 = k_2 + k_4 = 0,5$$

алынған матрицада және егжей – тегжейлі математикалық түрлендірулер мен есептеулерді қалдыра отырып, біз 2-суретте көрсетілген графикті аламыз, ол екі ортаның (су-ауа) параметрлерінің бекітілген мәндері үшін жиіліктің өткізу қабілеттілігінің сызықтық концентрациясына k тәуелділігін көрсетеді.

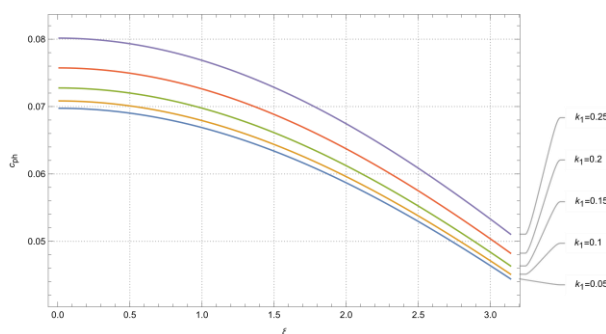


2 сурет – өткізу қабілеттілігінің концентрацияға тәуелділігі

Фазалық жылдамдықты есептеу үшін келесі формула қолданылды:

$$c_{ph}(\xi, k, \tau) = \lambda(\xi, k, \tau) / \xi \quad (1)$$

мұндағы-толқындық сан – циклдік тербелістердің жиілігі – ортаның концентрациясы және τ -графиктері 3 суретте көрсетілген ауа (газ) тығыздығының судың (сұйықтықтың) тығыздығына қатынасы және толқындық режимдердің фазалық жылдамдығы полидисперсті тізбектің жылдамдығы дыбыс жылдамдығынан аз болуы мүмкін.



3 сурет – фазалық жылдамдықтың толқын санына тәуелділігі

Таралатын толқынның әлсіреуі-бұл толқынның энергиясы сақталатын, бірақ деформацияланған кернеу импульсіне қайта бөлінетін энергияның жоғалуы.

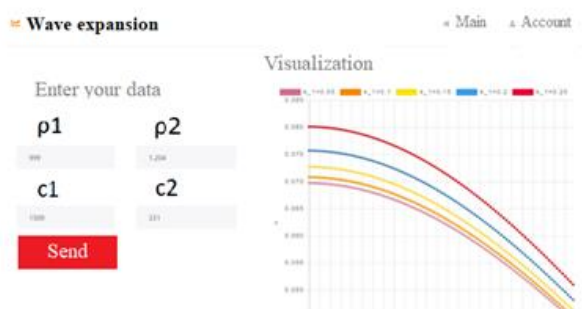
Фонондық кристалдарда ауа компоненттері бар, осылайша дыбыстың таралу жылдамдығы периодты болады.

Инженерлік бағдарламалық жасақтаманың және олар үшін жасалған мамандандырылған кітапханалар мен модульдердің көптігіне қарамастан, әр тапсырма ерекше және жеке тәсілді қажет етеді.

Зерттеу барысында моно- және полидисперсті іргелі жасушалар арқылы акустикалық толқындардың таралуына салыстырмалы талдау жүргізілді.

Әзірленген бағдарлама гетерогенді ортадағы толқындық сипаттамаларды сандық есептеуге арналған. Бұл бағдарлама веб-қосымша түрінде жасалған және материалдардың қасиеттерін олардың комбинациясы мен комбинаторикасында, ортаның концентрациясы мен оның ұзындығын реттеу мүмкіндігімен зерттеуге мүмкіндік береді. Бағдарлама әртүрлі материалдардың толқындық қасиеттерін зерттеуге арналған математикалық әдістер мен алгоритмдерді жүзеге асырады. Есептеулер зерттелетін құрылымды визуалды талдау үшін графиктерді шығарумен бірге жүреді [9].

Әдістер мен алгоритмдер Java бағдарламалау тілінде жүзеге асырылады, ал веб-қосымшаның өзі html, javascript және css-те жүзеге асырылады. Жұмыс тақтасының мысалы 4-суретте көрсетілген.



4 сурет – жұмыс тақтасы

Мерзімді ортада толқындардың таралуын көптеген зерттеушілер зерттейді. Фонондық кристалдарға қызығушылық композициялық құрылымның саңылаулары (бұл толқындардың әлсіреуіне әкеледі) және акустикалық толқындардың өткізу қабілеттілігі (олар резонанс тудыруы мүмкін), олардың реттелуі, сондай-ақ құрылымы мен құрамындағы өзгерістер жаңа қасиеттердің пайда болуына әкеледі.

Негізгі зерттеу қызығушылығы дірілге төзімділік және шуды сіңіру сияқты сипаттамаларды зерттеу болып табылады. Адамның есту қабілеті дененің қорғаныс механизмінің маңызды бөлігі болып табылады [10]. Дегенмен, қоршаған орта сапасыз дыбыстарға толы. Бұл автомобильдердің, ұшақтардың, пойыздардың, салқындату жүйелерінің, желдетудің, әртүрлі жабдықтардың және басқа дыбыстардың үздіксіз режимдегі дыбыстары, бұл адам денсаулығына теріс әсер етеді.

Фонондық кристалдар өздерінің қасиеттері бойынша жоғарыда аталған сипаттамаларды жақсы орындайды. Сандық есептеулердің нәтижелері графикте таңдалған материалдар жүйесін жылдам бағалау үшін пайдалануға болатын әртүрлі тәуелділіктер түрінде көрсетіледі. Бағдарламада толқын өткізгіштің жиілігінің λ -ге іргелес ұяшықтардағы фазалық сдасуды сипаттайтын коэффициентке тәуелділігінің әртүрлі алгоритмдері енгізілгенімен қатар, ол негізгі ұяшықтағы компоненттердің пропорцияларына байланысты зерттеуді де қамтамасыз етеді. Бірақ бағдарламаның басты ерекшелігі-компоненттердің полидисперстілігін және периодтылық сияқты фонондық кристалды жасуша геометриясының кеңістіктік ерекшеліктерін ескеретін тәсіл.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- [1] Composites World, 2020. Magazine. <https://compositesworld.com>
- [2] Liang-fu Lou. Introduction to Phonons and Electrons // World Scientific Publishing Co. – 2003
- [3] Torrent D., Sanchez-Dehesa J. Acoustic metamaterials for new two-dimensional sonic devices // New Journal of Physics, 2007, V. 9
- [4] Robinson, L.D. (1991). Sonic boom propagation through an inhomogeneous, windy atmosphere: Ph.D. dissertation, University of Texas, USA.
- [5] Aravantinos-Zafiris N., Sigalas M.M., Kafesaki M., Economou E.N. Phononic crystals and elastodynamics: Some relevant points. AIP advances 4, 2014.
- [6] Sukhinin S.V. Features of signal propagation in heterogeneous media // Collection of scientific works, V intern. Seminar. On the stability of flows of homogeneous and heterogeneous liquids. Novosibirsk, 1998., pp. 98- 103.
- [7] Baenova G., Sukhinin S.V., Zhumadillayeva A.K., Dyussekeyev K., Akhmetova Zh., Zhunissov N., Glazyrina N. and Zulamanova Z. Features of the Propagation of Long Waves in Phononic Crystals, the Influence of the Concentration and Polydispersity of the Components. Applied Sciences MDPI, 2022, 12(7), 3241
- [8] Brehovskikh L.M., Godin O.A. Acoustics of layered media. M.: Science, 1989, 416 p.
- [9] Our web-application: <https://glacial-headland-18402.herokuapp.com/>
- [10] Science for environmental policy. Noise impacts on health. Issue 47, 2015.
<https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/47si.pdf>.

УДК 539.51

Баяндинова М.Б. (С.Аманжолов атындағы ШҚУ), Скаков М.К. (ф.-м.ғ.д., Қазақстан Республикасының ұлттық ядролық орталығы)

ДИАБАЗ ТОЛТЫРҒЫШЫ БАР АСАЖОҒАРЫ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ПОЛИЭТИЛЕНГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЖАБЫН ҚҰРЫЛЫМЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада газ жалынымен бүрку әдісімен алынған диабаз толтырғышы бар ультра жоғары молекулалық полиэтиленнен (АӨСШК) жасалған композиттік жабынды зерттеу нәтижелері келтірілген. Толтырғыш ретінде 10 мас диабаз таңдалды.%, 20 мас.% , 30 мас.% және 40 мас.%.

ST3 металл субстратына полимерлі жабын әдеттегі жалын бүрку процесінде температураны реттеу арқылы қолданылды. Диабаз АӨСШК-нің бастапқы химиялық құрылымына айтарлықтай әсер етпейтіні және газ жалынымен тозаңдану кезінде жойылмайтыны көрсетілген. АӨСШК құрамына жалпы массаның 10-40% - ы бар диабазды енгізу жабынның кристалдық құрылымына айтарлықтай әсер етпейді.

Түйін сөздер: газ жалынымен бүрку, ультра жоғары молекулалық полиэтилен, диабаз-толтырғыш, құрылымы, кристалдылық дәрежесі.

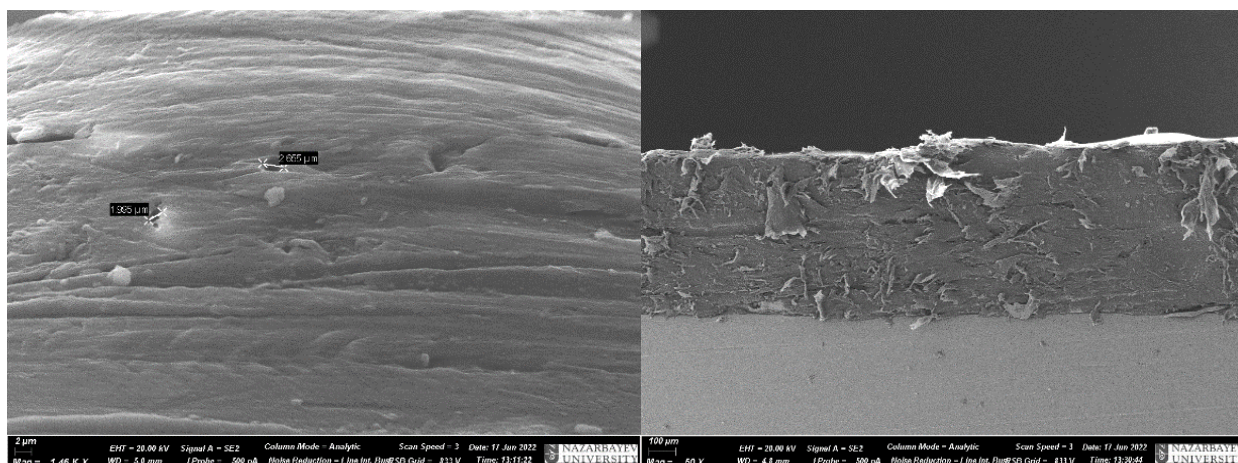
Қазіргі заманғы материалтану материалдардың көп функционалдығын жақсарту үшін құрамына арнайы толтырғыш қоспаларды енгізу арқылы дамиды [1]. АЖМПЭ негізіндегі жабындардың қасиеттерін жақсарту үшін әртүрлі тәсілдер әзірленді, олардың арасында композициялық материалдарды жасау [2], көміртекті талшықтармен [3,4], нанобөлшектермен [5] және көміртекті нанотүтікшелермен нығайту [6], оттегі плазмасымен модификациялау және басқа композиттер [7] атап өтілді. Соңғы бірнеше жылда зерттеушілер [8,9] Al_2O_3 , ZrO_2 нанокұрылымдық ұнтақтары және графен пластинкалары түріндегі толтырғыштардың АЖМПЭ негізіндегі композиттердің трибологиялық қасиеттеріне әсерін зерттеуге тырысты. АЖМПЭ негізіндегі жабындардың физика-механикалық өнімділігін жақсартудың тиімді әдісі ұнтақты металлургия әдістерімен алдын ала өңдеуден өткен алюминий және цирконий оксидтерінің ультрадисперсті ұнтақтарынан модификаторды енгізу болып табылатыны және тозуға төзімділіктің бірнеше есе артуын қамтамасыз ететін модификаторлардың көлемдік үлесінің онтайлы мәндері анықталғаны анықталды [8].

Алайда, біздің ойымызша, диабаз түріндегі толтырғыштың газды жалынмен жағу әдісімен алынған АЖМПЭ негізіндегі жабынның құрылымы мен қасиеттеріне әсері әлі зерттелмеген. Осыған байланысты, осы жұмыстың мақсаты газды жағу әдісімен алынған АЖМПЭ негізіндегі жабынның құрылымы мен трибологиялық сипаттамаларына толтырғыш ретінде диабаздың әсерін анықтау болып табылады.

1-суретте АЖМПЭ алынған жабын үлгілерінің сканерлеуші электрондық микроскопиясының нәтижелері көрсетілген. Жабындарда жарықтар мен басқа да беткі ақаулар жоқ екенін көруге болады. Шамамен 2 мкм шамалы тесіктер бар (суретті қараңыз. 1a). 1b - суреттен көрініп тұрғандай, субстраты бар полимерлі жабынның стратификациясы көрінбейді, бұл газды жалынмен бүрку әдісімен АЖМПЭ негізіндегі жабындарды қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

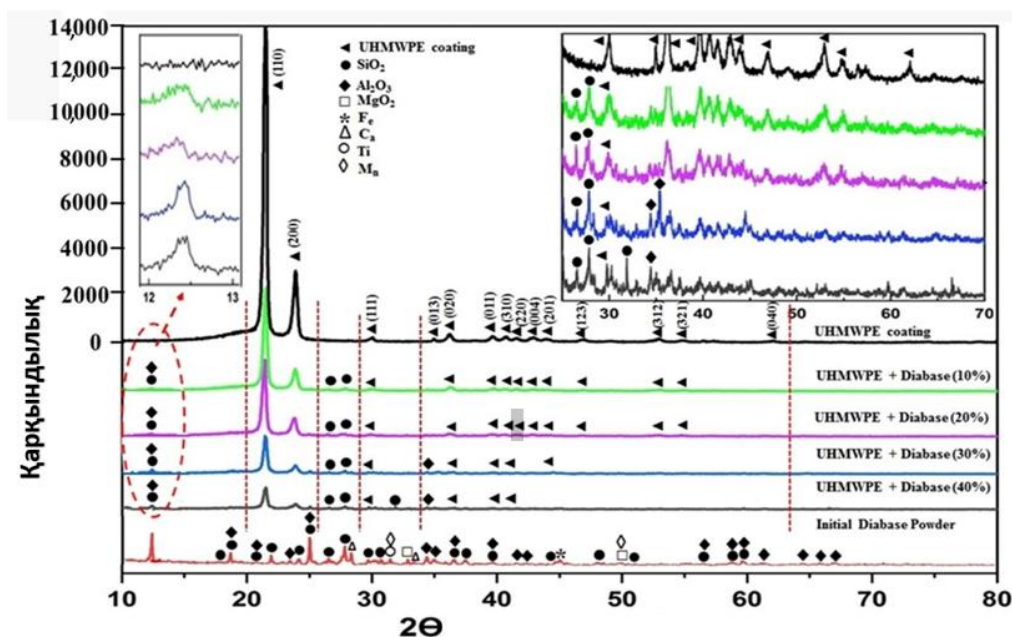
a)

b)



1 - сурет- АЖМПЭ (а) жабын морфологиясының суреттері, (b) жабынның көлденең қимасы

АЖМПЭ, АЖМПЭ+диабаз 10-40 % және дибаза ұнтағы шегінде газ жалынының тозандануын рентгендік фазалық талдаудың дифрактограммалары 2-суретте келтірілген. АЖМПЭ типтік дифракциялық рефлексер көрінеді. АЖМПЭ үшін ұқсас дифракциялық каритна алынған [10]. Күрделі химиялық құрамына байланысты диабаз шыңдары төмен қарқындылыққа ие. Дифрактограммалардан газ жалынының әсері және минералды диабаз толтырғышын енгізу АЖМПЭ полимерлік матрицасына теріс әсер етпейтінін көруге болады. Дифракциялық сызықтардыңмешысуы байқалмайды. АЖМПЭ - де [11] сәйкес орторомбиялық тор бар. Таза АЖМПЭ бастапқы жабын фазасының дифракциялық сызығының (110) қарқындылығы 14000-ға жететіні, 10-20% құрамына диабаз қосылған кезде дифракциялық сызықтың қарқындылығы 5000-ға дейін төмендейтіні, диабаздың мөлшері 40% - ға дейін ұлғайған кезде полимердің дифракциялық сызығының қарқындылығы 1500-ге дейін төмендейтіні байқалады. Толтыру дәрежесінің ұлғаюымен АЖМПЭ шыңдары қарқындылығының төмендеуі АЖМПЭ көлемінің азаюына байланысты.

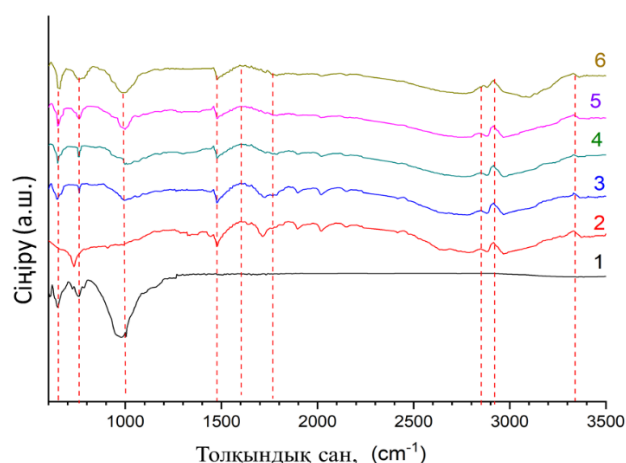


2 - сурет - АЖМПЭ, АЖМПЭ+10-40% диабаз ұнтақтары бар жабынды рентгендік фазалық талдаудың дифрактограммалары

Рентгендік фазалық талдау кристалдылық дәрежесі іс жүзінде өзгермейтінін және қателік шегінде тұрақты болып қалатынын көрсетті. Жабындардың кристалдылық дәрежесінің орташа 64% құрайды және диабаз қосылған АЖМПЭ газ жалынымен тозаңдануы жабынның кристалдану дәрежесіне айтарлықтай әсер етпейді.

3-суретте алынған АЖМПЭ композициялық жабындарының ИҚ-спектрлері көрсетілген. Диабаз ұнтақтары 550 см^{-1} -де орналасқан кішкентай қолды көрсетеді, оларды [12] сәйкес Si-O-Al иілу тербелісіне жатқызуға болады. 646 см^{-1} кезінде байқалған жолақ Al-O созылу тербелістеріне байланысты [13]. Фурье түрлендіруі бар ИҚ спектрлерінде 743 және 780 см^{-1} шыңдары байқалады, оларды Si-O-Si симметриялы созылу тербелістеріне және Si - Si созылу тербелістеріне жатқызуға болады. 850 және 1250 см^{-1} арасында байқалған кең жолақты шың Si-O-Si, Si-O-Al және Si-O байланыстарының асимметриялық созылу тербелістерімен байланысты [14].

Барлық жабын үлгілері метилен антисимметриялық валенттілік тербелістеріне, метилен симметриялы валенттілік тербелістеріне, бұрыштың өзгеруімен метилен тербелістеріне және метилен тербелістеріне, сәйкесінше [15] тербеліс тербелістеріне сәйкес келетін 2932 , 2856 , 1476 және 728 см^{-1} кезінде C-H мен байланысты сіңіру шыңдарын көрсетеді.



3 - сурет – жабынның ИҚ спектрлері: АЖМПЭ, АЖМПЭ+диабаз 10-40 мас.%

3340 см^{-1} кіші сіңіру шыңдары гидроксил тобына ($-\text{OH}$) немесе үлгілерде сіңірілген суға байланысты болуы мүмкін. $\sim 1472 \text{ см}^{-1}$ -де белгіленген жолақ S-C сіңіру шыңы болып табылады, бұл АЖМПЭ құрылымын сипаттайтын байланыстар. 1750-1600 см^{-1} диапазонында орналасқан жұтылу шыңдары C = O топтарының валенттік тербелістерін көрсете алады [16]. Бұл үлгіні дайындау кезінде аз мөлшерде АЖМПЭ оттегімен реакциясына байланысты болуы мүмкін. ИҚ спектрлері диабаздың бастапқы ұнтағы мен бүркуден кейінгі жабындар үшін негізгі шыңдарда айтарлықтай өзгерістер көрсетпегені атап өтілді. Бұл АЖМПЭ құрылымы жабынның газ жалынының қалыптасуы кезінде айқын термиялық деградацияға ұшырамағанын көрсетеді.

АЖМПЭ құрамына диабазды жалпы массаның 10-40% - енгізу жабынның кристалдылық дәрежесіне айтарлықтай әсер етпейтіні көрсетілген. Рентгендік талдау пікірінше, кристалдылық дәрежесі іс жүзінде 60% деңгейінде қалады, Диабаз толтырғыш газ жалынымен бүрку кезінде АЖМПЭ химиялық құрылымына теріс әсер етпейтіні және толтырғышпен АЖМПЭ жабындары газ жалынымен бүрку кезінде деструкцияға ұшырамайтыны анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. M. Skakov, As. Zhilkashinova, Al. Zhilkashinova, M. Abilev, N. Prokhorenkova, M. Agelmenev, A. Ismailova. Effect of Heat Treatment on the Structural-Phase State and Properties of a Multilayer Co-Cr-Al-Y Coating // Crystals - 2022, 12(8), 1056; <https://doi.org/10.3390/cryst12081056>
2. Sagdoldina Zh.B., Rakhadilov B.K., Akatan K., Kowalewski P., Karabekova D.Zh. The impact of non-vacuum electron beam treatment on the structure and properties of ultra-high molecular weight polyethylene // Bulletin of Karaganda University. - 2020. - No. 1 (97). - R.35-41.
3. Panin, S. Effect of adhesion on mechanical and tribological properties of glass fiber composites, based on ultra-high molecular weight polyethylene powders with various initial particle sizes. Materials 2020, 13,
4. Yachin Cohen, Dmitry M. Rein, Lev Vaykhansky. A novel composite

based on ultra-high-molecular-weight polyethylene // Composites Science and Technology. Volume 57, 1997, Pages 1149-1154. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(96\)00149-2](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(96)00149-2)

5. M. C. Galetz, T. Bläß, H. Ruckdäschel, J. K. W. Sandler, V. Altstädt, U. Glatzel. Carbon nanofibre-reinforced ultrahigh molecular weight polyethylene for tribological applications // Applied Polymer Science. Volume 104. 2007. P. 4173–4181. <https://doi.org/10.1002/app.26058>

6. A.M.Ventura, L.M. Kneissl, S. Nunes, N. Emami. Recycled carbon fibers as an alternative reinforcement in UHMWPE composite. Circular economy within polymer tribology. Sustainable Materials and Technologies 34, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00510>

7. Abdul Samad Mohammed. UHMWPE Nanocomposite Coatings Reinforced with Alumina (Al₂O₃) Nanoparticles for Tribological Applications // Coatings 2018, 8(8), 280; <https://doi.org/10.3390/coatings8080280>

8. S.V. Panin, V.E. Panin, B.B. Ovechkin, S.V. Matrenin. Influence of nanostructured fillers on the structure and properties of gas-flame coatings based on ultra-high molecular weight polyethylene // Physical mesomechanics. - 2006 - Vol.9. Pages 141-144.

9. Jing Han, Siyue Ding, Wenge Zheng, Wenya Li and Hua Li. Microstructure and anti-wear and corrosion performances of novel HMWPE/grapheme-nanosheet composite coatings deposited by flame spraying //polymers advanced technologies/ 2013, Online Library: <https://doi:10.1002/pat.3161>

10. Y.L. Jooa, O.H. Hanb, H.-K. Leea, J.K. Song. Characterization of ultra high molecular weight polyethyelene nascent reactor powders by X-ray diffraction and solid state NMR / Polymer 41 (2000) P. 1355–1368

11. X. W. Jiang, Y. Z. Bin, N. Kikytani, M. Matsuo. Thermal, electrical and mechanical properties of ultra-high molecular weight polypropylene and carbon filler composites / Polymer journal 2006. 38(5) p. 419-431

12. Lubas, M.; Sitarz, M.; Fojud, Z.; Jurga, S. Structure of Multicomponent SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃-CaO-MgO Glasses for the Preparation of Fibrous Insulating Materials. J. Mol. Struct. 2005, 744–747, 615–619, DOI: 10.1016/j.molstruc.2004.12.011

13. Ye, S. Q.; He, F.; Chen, J.; Yang, H.; Liu, X. Q.; Xie, J. L. Effect of Al/Si on Structure and Properties of SiO₂-Al₂O₃-MgO Glass. J. Wuhan Univ. Technol. 2017, 36, 22–25

14. J. Liu, Z. Chang, L. Wang. Exploration of basalt glasses as high temperature sensible heat storage materials / ACS Omega 2020, 5, 30, 19236–19246 <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02773>

15. M. R. Sanchis, V. Blanes, M. Blanes, D. Garcia, R. Balart, Surface modification of low density polyethylene (LDPE) film by low pressure O₂ plasma treatment / European Polymer. 2006, 42, R.1558–1568.DOI10.1016/j.eurpolymj.2006.02.001

16. S.N. Danilova V. Liansai, C. Yang. Development of wear-resistant polymer-polymer composite materials based on UHMWPE / Metallurgy and Materials Science. 2020. 25(3) DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-3-X

УДК 517.91

Бейсекенов А.К., Краскова А.Е., Маянова С.Ж., (21-МК-1, ВКТУ),
Мухамедова Р.О. (ст. преп., ВКТУ), Мукашева Р.У. (к.т.н., ВКТУ)

ПРИМЕНЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ В РЕШЕНИИ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены пути решения физических задач на основе составления дифференциальных уравнений. Составление таких уравнений представляет собой важный, но сложный аспект, для которого не существует универсального метода, применимого во всех случаях. В работе представлены рекомендации по составлению этих уравнений и возможности их решения с использованием различных прикладных пакетов, в частности, MATLAB и язык программирования R.*

***Ключевые слова:** MATLAB, R, дифференциальные уравнения, прикладные задачи.*

В процессе изучения природных явлений и решении задач в различных областях наук, таких как физика, техника, химия, биология и другие, не всегда удается обнаружить прямую зависимость между величинами, описывающими данный процесс. Однако в большинстве случаев можно установить связь между исследуемыми характеристиками явления (функциями) и скоростями их изменения относительно других переменных. Это позволяет находить уравнения, в которых присутствуют производные неизвестных функций, то есть дифференциальные уравнения.

Многие прикладные задачи сводятся к решению обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) или систем таких уравнений. Для некоторых ОДУ возможно построение формул "точного" решения, особенно в случае уравнений и систем с постоянными коэффициентами.

Цель нашей работы показать этапы решения прикладной задачи путем составления, для их решения, дифференциального уравнения и решения этого уравнения в среде MATLAB и R.

MATLAB - это высокоуровневый язык программирования и интерактивная среда для численных вычислений, визуализации данных, разработки алгоритмов, а также создания и анализа моделей. Название MATLAB происходит от "MATrix LABoratory", что отражает его основное предназначение - работу с матрицами. MATLAB позволяет пользователям выполнять различные математические операции, включая алгебру, численное решение дифференциальных уравнений, оптимизацию, обработку сигналов, обработку изображений, статистический анализ и многое другое. Он также предоставляет обширные графические возможности для визуализации данных. Кроме того, MATLAB имеет богатую экосистему инструментов и расширений, которые облегчают работу в различных областях науки, инженерии и других дисциплинах. MATLAB широко используется в академических и научных исследованиях, промышленности, финансовой сфере, медицинской индустрии и многих других областях.

Язык программирования R - это мощный инструмент для статистического

анализа данных и создания визуализаций. Когда речь идет о решении дифференциальных уравнений, R также предлагает некоторые преимущества. Мощные библиотеки для численного анализа: R имеет богатый выбор пакетов для решения дифференциальных уравнений численными методами. Например, пакеты `deSolve` и `odesolve` предоставляют функции для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Интеграция с визуализацией: после решения дифференциальных уравнений в R, результаты могут быть легко визуализированы с помощью графических возможностей языка, что облегчает анализ полученных решений. Легкость в использовании и экспериментировании: благодаря простому синтаксису и интерактивной среде разработки, R позволяет исследователям легко экспериментировать с различными моделями дифференциальных уравнений и анализировать их результаты. Итак, R представляет собой мощный инструмент не только для статистического анализа данных, но и для решения дифференциальных уравнений с помощью численных методов.

Задача. Найти закон изменения яркости света после прохождения через стеклянную пластину, если при прохождении через слой толщиной $x_1 = 2,5$ мм яркость света B_1 составила 30 межд. Ед., а на поверхности ($x_0 = 0$) начальная яркость $B_0 = 100$ межд. ед. (рис. 1). Лучи падают на поверхность пластины под любым углом, а его изменение отражается на величине коэффициента k [1].

Аналитическое решение. Величина яркости света B , пропускаемого стеклянной пластиной, изменяется в зависимости от толщины пластины. Часть световой энергии поглощается стеклом, и сила света уменьшается. Так как яркость света зависит от толщины пластины, то силу света I будем рассматривать как функцию толщины x , т. е. $I = I(x)$. Если при толщине стеклянной пластины x мм сила света I межд. ед., то при увеличении толщины пластины на величину Δx получим уменьшение яркости света.

Пусть сила света на участке Δx уменьшается равномерно. Тогда условное уменьшение яркости после прохождения через слой толщиной Δx можно определить

$$dI = -kI dx \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, $\Delta x = dx$. Знак минус указывает на уменьшение яркости с утолщением стеклянной пластины.

Из дифференциального уравнение (1) после деления переменных находим

$$\frac{dI}{I} = -k dx,$$

Откуда после интегрирования получаем

$$\ln I = -kx + C. \quad (2)$$

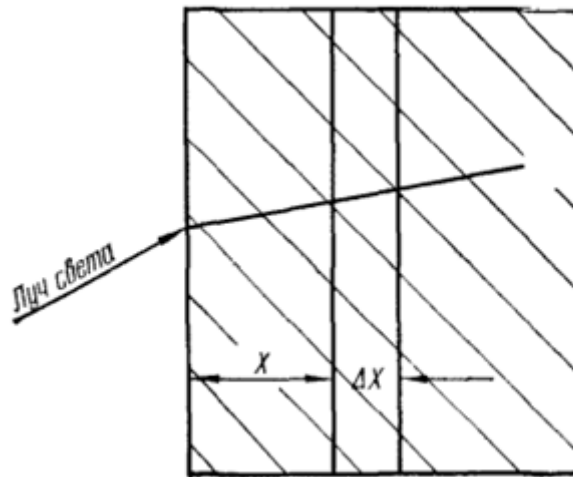


Рисунок 1-Иллюстрация закон изменения яркости света

Начальное условие: при $x_0 = 0$ $I_0 = 100$. Отсюда, согласно уравнению (2),

$$\ln 100 = -k * 0 + C.$$

и $C = \ln 100$.

Подставляя найденное значение C в общее решение (2), получаем

$$\ln I = -kx + \ln 100,$$

Тогда

$$\ln \frac{I}{100} = -kx. \quad (3)$$

Дополнительное условие: при $x_1 = 2,5$ $I_1 = 30$ дает равенство

Тогда

$$\ln \frac{30}{100} = -2,5k,$$

Откуда коэффициент пропорциональности

$$k = -\frac{2}{5} \ln 0,3 = 0,481. \quad (4)$$

Найденное значение коэффициента пропорциональности (4) подставляем в равенство (3), после чего искомый закон принимает вид

$$\ln \frac{I}{100} = -0,481x$$

или

$$I = 100 e^{-0,481x}$$

Программная реализация в пакете Matlab приведена на рисунке 2.

```

syms I(x) k; % Объявляем символьные функции
% Заданные значения
x1 = 2.5; % Толщина пластины
I1 = 30; % Яркость света при x = x1
I0 = 100; % Начальная яркость света при x = 0
% Решаем дифференциальное уравнение
ode = diff(I) == -k*I;
cond = I(0) == I0;
solution = dsolve(ode, cond);
% Находим значение коэффициента k
k_value = solve(subs(solution, x, x1) == I1, k);
% Подставляем найденное значение k в решение
solution = subs(solution, k, k_value);
% Определим функцию на основе символьного решения
I_solution = matlabFunction(solution);
% Построим функцию
fplot(I_solution, [0 x1]);
xlabel('Толщина пластины (мм)');
ylabel('Яркость света');
title('Зависимость яркости света от толщины пластины');
% Вывод найденного решения
disp(['Решение дифференциального уравнения: ', char(solution)]);
disp(['Значение коэффициента k: ', char(k_value)]);

```

>> Untitled

Решение дифференциального уравнения: $100 \cdot \exp((2 \cdot x \cdot \log(3/10))/5)$

Значение коэффициента k: $-(2 \cdot \log(3/10))/5$

Рисунок 2- Код и результат программы

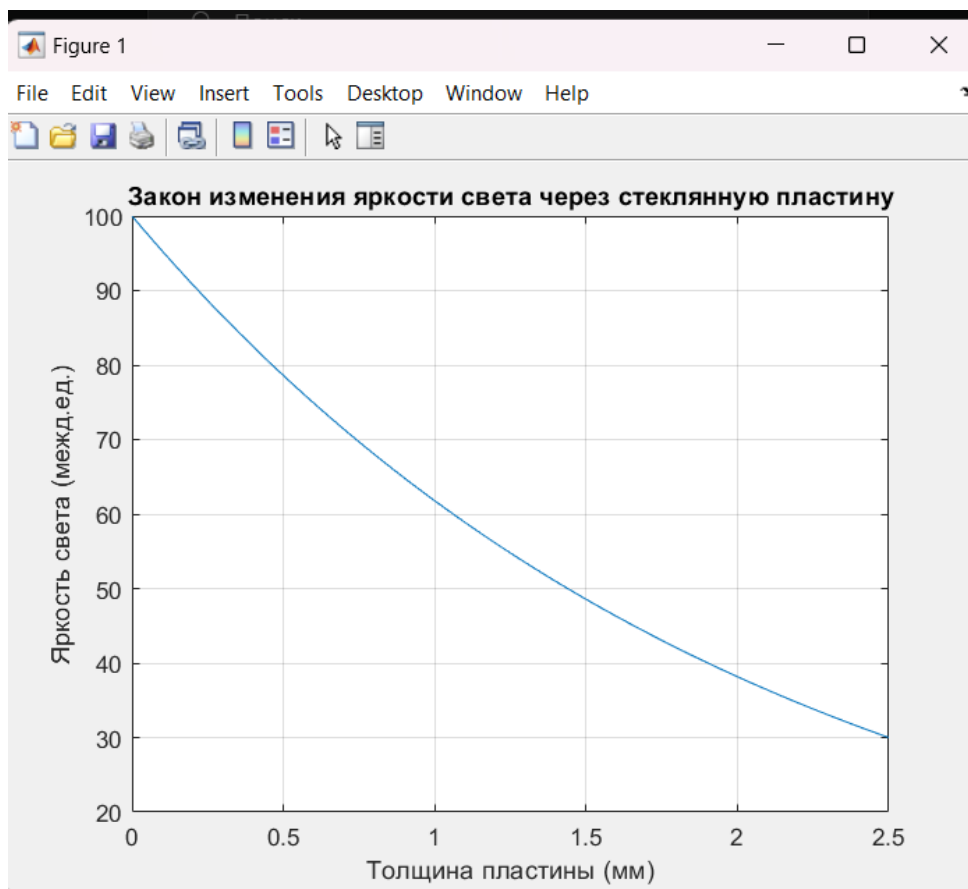


Рисунок 3- График, полученный в результате запуска программы

Программа на языке программирования R имеет вид:

```
# Заданные значения
x1 <- 2.5 # Толщина пластины
I1 <- 30 # Яркость света при x = x1
I0 <- 100 # Начальная яркость света при x = 0
# Дифференциальное уравнение
diff_eq<- function(t, I, parameters) {
k <- parameters["k"]
dI<- -k * I
return(list(dI))
}
# Начальные условия
initial_conditions<- c(I = I0)
times <- seq(0, x1, length.out = 100)
parameters<- c(k = 0) # Начальное приближение для k
# Решение дифференциального уравнения
solution <- ode(y = initial_conditions, times = times, func = diff_eq, parms = parameters)
```

Рисунок 4- Код программы языке программирования R(начало)

```
# Находим значение коэффициента k
k_value<- uniroot(function(k) {solution[, "I"][which.min(abs(solution[, "time"] - x1))] - I1}, interval
= c(0, 1))$root
# Обновляем параметры
parameters <- c(k = k_value)
# Решаем дифференциальное уравнение с найденным k
solution <- ode(y = initial_conditions, times = times, func = diff_eq, parms = parameters)
# Построение графика
ggplot(data = as.data.frame(solution), aes(x = time, y = I)) +
geom_line() +
labs(x = "Толщина пластины (мм)", y = "Яркость света", title = "Зависимость яркости света от
толщины пластины")
# Вывод найденного решения
print(paste("Решение дифференциального уравнения:", solution[nrow(solution), "I"]))
print(paste("Значение коэффициента k:", k_value))
```

Рисунок 4- Код программы языке программирования R(продолжение)

Данная статья рассматривает методы решения физических задач на основе формирования дифференциальных уравнений. Составление таких уравнений представляет собой важный, но часто сложный процесс, для которого не существует универсального метода. Однако, путем установления связи между исследуемыми характеристиками явления и их изменениями во времени, можно выразить эти зависимости в виде дифференциальных уравнений.

Множество прикладных задач сводятся к решению обыкновенных дифференциальных уравнений или систем таких уравнений. Для некоторых из них возможно найти аналитическое решение, особенно в случае уравнений с постоянными коэффициентами.

В данной работе продемонстрированы этапы решения прикладной задачи через составление соответствующего дифференциального уравнения и его решение с использованием программных средств, таких как MATLAB и язык программирования R. Представленные рекомендации и методы могут быть полезны для инженеров, научных работников и студентов, занимающихся решением прикладных задач в различных областях наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пономарев К. К. Составление дифференциальных уравнений Минск, Высшая Школа, 1973. – 560 стр. с илл.
2. Дьяконов В.П. Matlab. Полный самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2013 - 768 с.
3. Хэдли Уикхэм, R Packages: Organize, Test, Document, and Share Your Code Paperback. USA: Shroff / O'Reilly Media, 2015-318 p.

УДК 669.431.4

Буркатов Е.Д. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТАЛИЯ И ИНДИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОДУКТАХ АЙЗА ПЛАВКИ

Аннотация. Статья представляет обзор технологического процесса производства свинца и распределение редких металлов на свинцовом заводе Усть-Каменогорского металлургического комплекса (УК МК). Переход от технологии спекания в агломашине к использованию печи ISASMELT™ привел к изменениям в содержании редких металлов в свинцовых пылях, усложняя их извлечение в химико-металлургическом цехе. Особое внимание уделено индию, талию и селену, редким металлам, содержащимся в концентратах и производственных отходах. Статья описывает процессы извлечения и обработки этих металлов на заводе.

Ключевые слова: таллий, индий, селен, сульфидные концентраты, концентраты золотосодержащие, плавка, обжиг, шлаковозгоны, пыли.

На территории свинцового завода Усть-Каменогорского металлургического комплекса для переработки свинцовых концентратов применялась технология спекания в агломашине, редкие металлы (индий, таллий, селен) концентрировались в пылях свинцового производства и извлекались в химико-металлургическом цехе (ХМЦ) в товарные металлы.

В настоящий момент на территории свинцового завода Усть-Каменогорского металлургического комплекса для переработки свинцовых концентратов применяется технология ISASMELT™.

Печь ISASMELT™ является высокоинтенсивной установкой первичного плавления. Цель плавки – расплавление компонентов шихты за счет протекания реакций окисления, сжигания серы.

Принципиальная технологическая схема получения богатого свинец содержащего шлака включает в себя следующие основные стадии:

- плавка свинец содержащей шихты в печи ISASMELT™;
- розлив и охлаждение богатого свинец содержащего шлака на МКПШ;
- охлаждение газов в котле-утилизаторе;
- первичная очистка газов в электрофильтре.

С пуском Айза смелт – свинцовой печи отмечено обеднение свинцовых пылей по содержанию редких металлов, что делает усложненным извлечение редких и рассеянных элементов в химико-металлургическом цехе (ХМЦ) в товарные металлы.

Индий и таллий – рассеянные элементы, часто встречающиеся в природе, но в очень малых количествах [5]. Их природные минералы не имеют промышленного значения.

Они относятся к халькофильным элементам и концентрируются в сульфидных полиметаллических рудах. При обогащении руд индий и таллий на 90 % теряются с отвальными хвостами и только на 10 % переходят в свинцовый и цинковый концентраты [4]. Содержание их в концентратах не превышает 10-3-10-4 %, но поскольку масштаб добычи этих руд велик, то именно концентраты

полиметаллических руд составляют основную массу сырья для производства данных металлов.

Содержание индия и таллия в концентратах, поступающих на УК МК указаны в таблице 1, находятся в следующих пределах:

Таблица 1 – Содержание индия и таллия в концентратах, поступающих на УК МК

	Индий	Талий
цинковые концентраты	<0,004-0,0068	<0,004
свинцовые концентраты ТОО «Казцинк»	<0,004-0,026	<0,004-0,0085
сторонние свинцовые концентраты	<0,004-0,0107	<0,004
медные концентраты	<0,004-0,027	<0,004

Главным источником получения индия и таллия служат промпродукты, свинцового производства.

Сырье и содержание в нем таллия и индия указано в таблице 2.

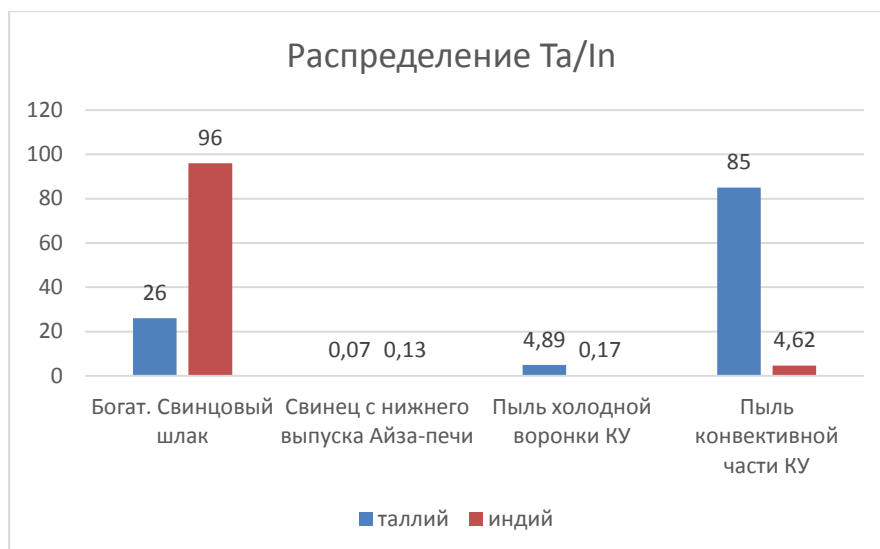
За исследуемый период на свинцовый завод общее поступление составило индия – 5,43 т индия и таллия – 3,95 т, % от загрузки.

Таблица 2 – количество таллия и индия поступившее на Айза плавку

Наименование материала	масса, т	таллий			индий		
		Сод-е, %	Кол-во, т	Распреде-ление, %	Сод-е, %	Кол-во, т	Распреде-ление, %
Свинцовые концентраты	66 629,08	0,016	10,42	74,66	0,005	3,34	54,9
Промпродукты медного завода	499,97	0,004	0,02	0,6	0,012	0,06	1,18
Промпродукты цинкового завода	5 471,04	0,004	0,22	5,68	0,023	1,24	22,74
Промпродукты прочие	15 192,08	0,005	0,75	19,06	0,008	1,15	21,18
Итого в загрузке	87 792,17	0,013	11,41	100	0,01	5,79	100

При процессе агломерирующего обжига основное количество индия и таллия переходило из шихты в пыли (таблица 3 и 4), из которых в дальнейшем в химико-металлургическом цеху выводили в товарный металл, тогда как при процессе айза плавки коллектором основного количества индия является богатый айза шлак, это можно увидеть в графике 1, в то время как таллий переходит в пыли вместе с летучими материалами высокое содержание которых наблюдалось в оборотных материалах (кеки и пыли)

График 1 – Распределение Таллия и Индия в пром продуктах Айза плавки



В шихту загрузки включены оборотные материалы (пыли и кеки), имеющие высокое содержание летучих примесей. Основной коллектор – богатый свинцовый шлак: распределение индия около 96 %. Таллий перешел в пыли – 81%.

Таблица 3 – Баланс распределения индия и таллия по продуктам плавки в печи Айзасмелт

Наименование материала	масса, т	таллий			индий		
		Сод-е, % г/л	Кол-во, т	Распределение, %	Сод-е, % г/л	Кол-во, т	Распределение, %
Загружено							
Шихта Айза смелт свинцовой плавки	87 792,17	0,013	11,41	100	0,007	5,79	100
Всего загружено			11,41	100		5,79	100
Получено							
Богат. Свинцовый шлак	74 196,35	0,004	1,79	15,67	0,01	5,58	96,3
Свинец с нижнего выпуска Айза-печи	190,35	0,004	0	0,04	0,004	0,01	0,1
Пыль холодной воронки КУ	242,66	0,23	0,34	2,95	0,004	0,01	0,13
Пыль конвективной части КУ	6 694,08	0,23	9,28	81,33	0,004	0,2	3,47
газовая фаза			0	0		0	0
Всего получено			11,41	100		5,79	100

В дальнейшем все пыли переходят в химико-металлургический цех свинцового завода, для дальнейшего извлечения таллия. Но на данный момент в связи с изменением состава пылей извлечение таллия приостановлено.

Таблица 4 – Баланс распределения индия и таллия по продуктам плавки в шахтных печах

Наименование материала	масса, т	таллий			индий		
		Сод-е, % г/л	Кол-во, т	Распределение, %	Сод-е, % г/л	Кол-во, т	Распределение, %
Загружено							
Богат. Свинцовый шлак	74 196,35	0,004	1,79	15,67	0,01	5,58	96,3
Получено							
Рb черновой рудной и сократительной шахтной плавки	20 553,37	0,002	0,5	27,7	0,014	2,95	52,9
Шлак сократительной и рудной шахтной плавки	24 768,33	0,002	0,6	33,38	0,008	2,1	37,7
Пыль свинцовая рудной плавки	28 874,66	0,002	0,7	38,92	0,002	0,52	9,4
Всего получено	74 196,35		1,79	100		5,58	100

Все пыли так же передаются в ХМЦ, в то время как шлак отправляется на процесс фьюмингования, по завершению шлаковозгонки индий распределяется почти на 50 % , а таллий на 30% в цинксодержащий материал – шлаковозгоны, с которыми передается на ЦЗ.

Таллий и Индий содержащийся в черновом свинце будет удален из свинца в процессе рафинации свинца в сухих шликерах.

Из трех анализируемых металлов (Селен, Таллий, Индий) на сегодняшний день активны выводятся к товарный продукт только Селен.

В ХМЦ за исследуемый период поступило 4,332 т богатых селено-ртутных шламов сернокислотного завода (СКЗ), содержание селена в них 33,98 % - 34,87 %. За этот период в ХМЦ СЗ было получено 922 кг селена с извлечением 62,5 %. Шламы СКЗ формируются при очистке сернистых газов печных агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Основы металлургии. Т. 5. М.: М.: «Металлургия», 1968.
2. Химическая энциклопедия, Т. 1, «Советская энциклопедия», Москва, 1988.
3. Т.Н. Грейвер, И.Г. Зайцев, В.М. Косовер. «Селен и теллур. Новая технология получения и рафинирования», М.: «Металлургия», 1972.
4. А.М. Оконишников. «Поведение рассеянных элементов в производстве цинка и свинца», Алматы, ЦИНТИ, 1958.
5. О.А. Сонгина. Редкие металлы, М.: Металлургия, 1964.

УДК 669.2/.8 (574)

Генцельман Э.В. (ВКТУ), Липский Д.Д. (ВКТУ), Ерболатова Г.У. (PhD, ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТИЯ

Аннотация. В данной работе проведено комплексное сравнение методов измерения концентрации лития, ключевого элемента для литий-ионных аккумуляторов и энергетических систем. Анализируются атомно-абсорбционный анализ, пламенная фотометрия, масс-спектрометрия, лазерная спектроскопия и рентгеновская флуоресценция (РФА). Особое внимание уделено РФА за высокую точность и низкие затраты времени и ресурсов. Исследуется потенциал интеграции ИИ с РФА для повышения эффективности определения лития, предлагая новые подходы для ускорения научных исследований и производственных процессов в сфере лития.

Ключевые слова: Рентгенофлуоресцентный анализ, спектрометрия, литий, литиевые руды, искусственный интеллект.

В контексте стремительного развития современных технологических инноваций, элемент литий выступает в роли критически важного материала, обусловленного его уникальными электрохимическими характеристиками. Литий находит широкое применение в производстве ионных аккумуляторов, обладающих высокой энергоемкостью, что делает его незаменимым в секторах потребительской электроники, электромобилей, систем хранения возобновляемой энергии, а также в фармацевтической промышленности. Ввиду этого, литий играет ключевую роль в трансформации энергетических систем и устойчивом развитии технологических инноваций.

С учетом возрастающего спроса на литий и его стратегического значения для технологической индустрии, актуализируется задача разработки и внедрения методик аналитического определения содержания лития в литиевых рудах и минералах. Особенно важным становится создание методологий, обеспечивающих высокую скорость анализа, эффективность, точность и воспроизводимость результатов. Такой подход позволит оптимизировать процессы добычи и переработки лития, содействуя тем самым снижению экологического воздействия и повышению эффективности использования ресурсов.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) представляет собой высокоэффективный аналитический метод, используемый для определения количества химических элементов на основе измерения поглощения света атомами элемента в газовой фазе. Этот метод находит широкое применение в разнообразных сферах, включая экологию, медицину, промышленность и научные исследования, благодаря его высокой чувствительности, специфичности и способности анализировать широкий спектр элементов.

Принцип работы ААС основан на испарении образца, превращении его в атомы в газовой фазе в атомизаторе (обычно это пламя или графитовая печь) и измерении интенсивности света, поглощаемого атомами испытуемого элемента. Интенсивность поглощенного света коррелирует с концентрацией элемента в образце, что позволяет выполнить количественный анализ. В зависимости от

специфики задач, используются различные модификации метода, такие как пламенная ААС (FAAS), электротермическая ААС (ETAAS), и гибридно-генерационная ААС (HGAAS), каждая из которых обладает своими уникальными преимуществами [1].

Одной из важных областей применения ААС является определение лития, элемента, играющего ключевую роль в современных технологиях, включая производство аккумуляторов. ААС позволяет точно и чувствительно определять литий в различных матрицах, включая руды и минералы. Однако для успешного анализа лития в таких сложных образцах требуется тщательная подготовка образца и оптимизация условий анализа. Это может включать применение специальных модификаторов матрицы для минимизации влияния посторонних компонентов и выбор оптимального источника атомизации. Такая подготовка и настройка обеспечивают высокую точность и чувствительность при определении лития, что критически важно для его анализа в рудах и минералах, где содержание элемента может быть относительно низким.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в контексте ААС открывает новые возможности для повышения эффективности и точности аналитических измерений. ИИ может быть использован для автоматизации процессов анализа, улучшения обработки сигналов, автоматической интерпретации результатов, предсказания влияния матричных эффектов и разработки новых методик. Ключевые направления включают оптимизацию условий анализа, улучшение обработки сигналов, автоматическую интерпретацию спектров, управление данными и отчетность, а также предсказательный анализ и моделирование. ИИ может также обеспечивать поддержку операторов через виртуальных ассистентов, предлагая рекомендации по настройке оборудования и интерпретации результатов. Применение ИИ требует создания специализированных алгоритмов и обучающих наборов данных, а также тесной интеграции с аналитическим оборудованием, что в перспективе может значительно ускорить аналитические процессы, повысить точность и надежность результатов, сделав лаборатории более автономными и эффективными.

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС или ICP-MS) представляет собой эффективный способ определения содержания элементов с высокой чувствительностью. Он способен анализировать разнообразные металлы и несколько неметаллов в концентрациях до 10^{-10} %, что эквивалентно одной частице из 10^{12} . Метод основан на использовании индуктивно связанной плазмы (ИСП) в качестве источника ионов, а масс-спектрометра для их разделения и обнаружения. ИСП-МС также позволяет проводить изотопный анализ выбранного иона.

Индуктивно связанная плазма (ИСП) представляет собой электропроводный газ, используемый в масс-спектрометрии. В горелке из кварцевых трубок, помещенной в катушку индуктивности, ИСП поддерживается потоками аргона. Электрическая искра вводит свободные электроны, взаимодействующие с магнитным полем, создавая плазму из атомов аргона с небольшим содержанием свободных электронов и ионов. Температура плазмы

достигает 10000 К. Газовый поток удерживает ИСП в горелке, а дополнительные потоки аргона поддерживают структуру плазмы. Образец, обычно в виде аэрозоля, вводится через центральную трубу, где происходит его ионизация для последующего анализа [3].

Механизм введения жидкости в плазму включает формирование аэрозоля распылителем и селекцию капель спрей-камерой. Проба подается с фиксированной скоростью с использованием перистальтического насоса или распылителей. Спрей-камера отбирает маленькие капли и направляет их в плазму, обеспечивая также сглаживание пульсаций в распылении.

Ионы из плазмы поступают в масс-спектрометр через интерфейс. Этот интерфейс состоит из семплера и скиммера, где ионы переходят из области атмосферного давления в область низкого давления. Ионы, прошедшие скиммер, направляются к масс-спектрометру, где разделяются и определяются в соответствии с их массой к заряду. ИСП-МС также позволяет количественно определять изотопный состав [3].

Этот метод может анализировать элементы с атомной массой от 7 до 250 (от Li до U) с диапазоном концентраций от нанограммов на литр до 10-100 миллиграмм на литр. ИСП-МС способен определять все элементы одновременно, что ускоряет процесс измерения, но требует специальной подготовки проб, что занимает время, и подвержено влиянию помех от элементов матрицы, что может повлиять на точность измерений (Thomas, 2001).

Пламенная фотометрия является одним из методов анализа, который используется для количественного определения концентрации металлов в образцах. Этот метод основан на измерении интенсивности света, испускаемого атомами или ионами металла при их возбуждении в пламени. В процессе анализа образец вводится в пламя, где элементы образца возбуждаются и излучают свет. Спектр излучения каждого элемента уникален, и по интенсивности определенных линий в спектре можно судить о концентрации элемента в образце.

Одним из преимуществ пламенной фотометрии является ее простота и относительно низкая стоимость по сравнению с другими методами спектрального анализа, такими как атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) или индуктивно-связанная плазменная масс-спектрометрия (ИСП-МС). Однако у пламенной фотометрии есть ограничения по чувствительности и точности, а также она подходит не для всех элементов.

В контексте определения лития, пламенная фотометрия может быть использована, но существуют определенные сложности. Литий — это элемент, который требует особого внимания при анализе из-за его низкой атомной массы и тенденции к формированию нестабильных соединений, которые могут быть летучими при температуре пламени. Это означает, что для определения лития требуется точная калибровка оборудования и возможно применение специфических условий пламени, чтобы увеличить чувствительность метода к литию и уменьшить влияние возможных помех от других элементов.

Также одной из проблем при определении лития является его низкая концентрация в большинстве образцов, что требует повышенной чувствительности метода анализа. Кроме того, присутствие в образце других

элементов, которые могут давать схожие спектральные линии или влиять на процесс возбуждения и излучения лития, требует внимательного отбора условий анализа и возможно использование методов очистки или разделения образца перед анализом.

В целом, пламенная фотометрия может быть применена для определения лития, но для достижения высокой точности и чувствительности анализа необходимо учитывать специфику поведения лития в пламени и возможные методические сложности. Это может включать выбор подходящего типа пламени, оптимизацию условий анализа, предварительную подготовку образцов, а также использование калибровочных стандартов для точного количественного определения.

Метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) представляет собой метод неразрушающего элементного анализа, позволяющий проводить как качественный, так и количественный анализ. РФА использует рентгеновское излучение и флуоресценцию атомов пробы для получения информации о её составе. Излучение рентгеновской трубки служит источником первичного излучения. При взаимодействии с веществом пробы происходит флуоресценция – излучение в области длин волн от десятых долей до десятков ангстрем, вызванное первичным рентгеновским излучением.

В процессе взаимодействия первичного излучения с веществом пробы происходит либо рассеяние первичных квантов на атомах элементов, либо удаление электрона с одной из внутренних атомных оболочек. Последнее приводит к возбуждению атома, и избыток энергии выбрасывается в виде квантов флуоресцентного излучения.

Характеристическое излучение, вызванное этим процессом, зависит от атомного номера элемента. Линии спектра, образующие серии (K, L, M, N, O, P), имеют разные длины волн. Каждая серия содержит линии, обозначаемые греческими буквами и цифровыми индексами. Интенсивность линий соответствует характеру атома элемента. А однозначное соответствие между энергией характеристического излучения и атомным номером элемента позволяет провести качественный и количественный анализ состава пробы. Рентгенофлуоресцентный метод успешно применяется для определения концентрации урана как в исходных рудах, так и в продуктах их технологической переработки.

Рентгенофлуоресцентный метод анализа, обладая преимуществом неразрушающего воздействия, быстрого получения данных и способности анализировать несколько элементов одновременно, является весьма гибким и мобильным при использовании портативных устройств. Такая подвижность делает его удобным для проведения исследований в полевых условиях и в промышленности [6].

Высокий предел обнаружения и высокая чувствительность делают рентгенофлуоресцентный метод эффективным в определении концентрации элементов в пробе. Однако, в сравнении с более сложными техниками, требующими материальных затрат на расходные материалы и реагенты, такими как атомно-абсорбционная спектрометрия и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, РФА имеет более низкий порог чувствительности

(например: для РФА при анализе железа нижний порог определения – 0,001 %, для ААС – 0,000001 %). Также при определении элементов с низким атомным номером, включая литий, встречаются определенные трудности, обусловленные физическими ограничениями метода. Такие элементы испускают флуоресценцию с низкой энергией, которая легко поглощается воздухом и материалом детектора, что затрудняет её регистрацию. Кроме того, возникает проблема фонового излучения, которое может маскировать слабые сигналы от элементов с низким атомным номером. Также ограничения самих детекторов и источников рентгеновского излучения могут снижать чувствительность и точность определения этих элементов [8].

Для решения этих проблем предлагаются различные подходы:

1. Использование вакуумных систем или атмосферы гелия для уменьшения поглощения низкоэнергетического излучения.
2. Применение детекторов с высокой чувствительностью к низкоэнергетическому излучению.
3. Оптимизация параметров измерения и использование специализированного программного обеспечения для минимизации влияния фонового излучения.
4. Использование специализированных источников излучения и синхротронного излучения для улучшения детектирования элементов с низким атомным номером.

Кроме того, существует возможность косвенного определения лития с помощью РФА, которая включает анализ изменений в химическом составе или структуре образца, вызванных присутствием лития. Эти методы могут включать анализ матрицы образца, изучение фазовых изменений, использование маркерных элементов, измерение изменений в физических свойствах и комбинацию РФА с другими аналитическими методами. Такие подходы требуют тщательного планирования и разработки специальных аналитических процедур, но они открывают дополнительные возможности для исследования материалов, содержащих литий и другие элементы с низким атомным номером [9].

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в РФА открывает новые возможности для улучшения эффективности и точности анализа. ИИ может быть применен для автоматической интерпретации спектров флуоресценции, выделения характерных пиков, определения концентраций элементов, а также для коррекции влияния матрицы и других факторов, влияющих на точность анализа. Алгоритмы машинного обучения и глубокого обучения могут обучаться на больших наборах данных для выявления сложных закономерностей и предсказания характеристик образцов, что особенно полезно при работе с сложными матрицами и низкоконцентрированными элементами [10].

Таким образом, сочетание РФА с ИИ является крайне эффективным инструментом для анализа материалов, позволяя не только преодолевать существующие ограничения метода, но и открывая новые направления в исследованиях и практическом применении. Это объединение технологий улучшает точность, скорость и удобство аналитических измерений, делая РФА еще более востребованным в различных областях науки и промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. — Техносфера, 2009. — 784 с.
2. С.Н. Чегринцев. Атомно-абсорбционный анализ. — Издательство ТПУ, 2014. — 44 с.
3. R.Thomas. A Beginner's Guide to ICP-MS, Part 1-6. — <https://www.spectroscopyonline.com/>, 2001.
4. Пупышев А.А., В.Т. Суриков. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов. — РАН. Институт химии твердого тела, 2006. — 276 с.
5. Веригин А.А. Энергодисперсионный рентгеноспектральный анализ. Применение в промышленности. — Томск: Изд-во Том. Университета, 2005. 242 с
6. Johan Rydberg. Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectroscopy as a fast, non-destructive and cost-effective analytical method for determining the geochemical composition of small loose-powder sediment samples. 2014
7. Rene Van Grieken, A. Markowicz. Handbook of X-Ray Spectrometry. — Boca Raton, 2001.
8. C. W. Dwiggins, Jr. Quantitative Determination of Low Atomic Number Elements Using Intensity Ratio of Coherent to Incoherent Scattering of X-Rays. — Analytical Chemistry, с 67-70, 1961.
9. Beata Zawisza. Determination of beryllium by using X-ray fluorescence spectrometry. Katowice, 2008.
10. Fei Li et al. Application of artificial neural networks to X-ray fluorescence spectrum analysis. Chengdu, 2018.

УДК 622

Дайрбаева Ж.Е. (ВКТУ), Әділқанова М. Ә. (PhD, ВКТУ)

НОВЫЙ ДЕПРЕССОР СУЛЬФИДА МЕДИ И ПИРИТА КАК БОЛЕЕ БЕЗОПАСНАЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА NaSH ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ CU-MO

Аннотация. При разделении Cu-Mo, сульфиды меди и пирит подавляются с помощью неорганических реагентов, таких как NaSH и Nokes, при селективной флотации молибденита. Однако эти неорганические депрессанты представляют серьезную угрозу для безопасности и здоровья из-за потенциального образования токсичного газа H_2S во время использования. Ранее компания Solvay несколько лет назад представила депрессант AERO® 7260 HFP как более безопасную альтернативу NaSH. Эта технология находится в коммерческом использовании во всем мире, но она способна заменить только до 60% NaSH. Последней инновацией Solvay является депрессор AERO® NR-7361, который заменяет 70–100% NaSH. Эта технология химически стабильна и ее безопаснее применять в широком диапазоне pH, с воздухом или азотом, не опасаясь разложения продукта или образования H_2S .

Ключевые слова: молибден, реагент, сероводород, схема, концентрат, извлечение.

Типичный флотационный процесс получения медно-молибденовых концентратов из медно-молибденовых руд включает две стадии. На первом этапе медно-молибденовая руда перерабатывается для получения объемного медно-молибденового концентрата, содержащего медь и молибден. Основным концентратом обычно содержит ряд других минералов, включая пирит, галенит и мышьяк, а также несulfидные полезные ископаемые. Этот основной концентрат затем перерабатывается на второй стадии разделения Cu-Mo для получения концентратов Cu и Mo путем депрессуя минералов Cu с использованием сульфидных депрессоров Cu и селективной флотации молибденита. Депрессоры, используемые на стадии разделения, также должны быть способны подавлять минералы Fe, Pb и As.

Большинство заводов используют неорганические, окислительно-активные депрессанты, такие как гидросульфид натрия (NaSH) или сульфид натрия (Na_2S). Некоторые заводы используют комбинацию реагента Nokes с NaSH. Эти неорганические депрессоры имеют несколько недостатков, таких как большие дозировки (и следовательно, большие затраты на обработку), которые необходимо использовать для достижения эффективного разделения Cu-Mo, а также опасности при обращении и использовании из-за их способности образовывать токсичные газы.

Типичная схема получения медно-молибденовых концентратов из медно-молибденовых руд показана на рисунке 1 ниже. На схеме показаны упрощенные технологические схемы установок медно-молибденовой флотации и стадий медно-молибденового разделения, а также точки добавления типичных используемых реагентов (коллекторов коллективной флотации и селективных депрессоров сульфида меди). Также показаны типичные характеристики руды и содержания.

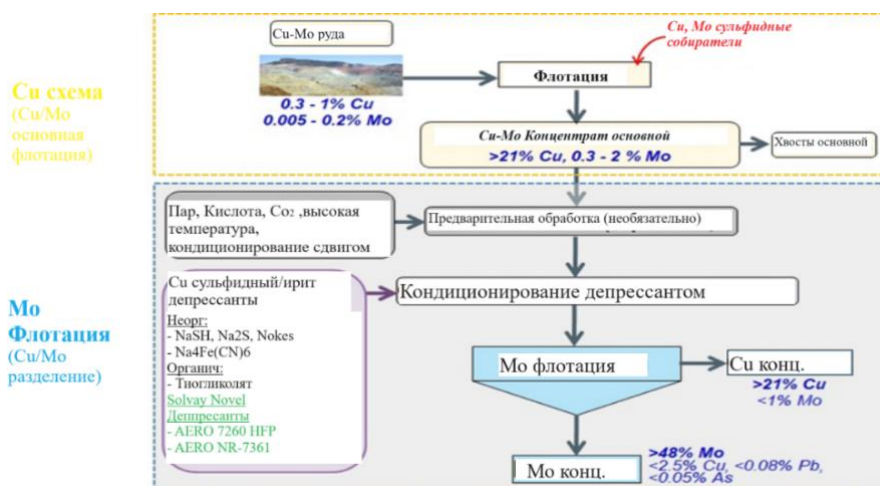


Рисунок 1. Типичный процесс флотации медно-молибденовой руды, включая упрощенные схемы коллективной флотации Cu-Mo и схемы разделения Cu-Mo

Коллекторы сульфидов Cu и Mo, которые обычно представляют собой тиоловые и неполярные углеводородные масла соответственно, используются в объемном цикле Cu-Mo для максимизации извлечения. Предпринимаются попытки свести к минимуму флотацию пирита в медно-молибденовый концентрат путем использования извести при высоком pH в массовых флотационных перемешивателях. Однако пирит неизменно попадает в состав медно-молибденового концентрата. Коллективный медно-молибденовый концентрат часто богат медью ($>21\%$), но содержание молибдена, которое обычно составляет $\sim 0,3\text{--}2\%$ (или выше на некоторых предприятиях), необходимо дополнительно повышать, чтобы получить товарный конечный концентрат молибдена. Традиционные, наиболее часто используемые депрессоры на основе сульфида меди действуют путем десорбции или дестабилизации ранее добавленных собирателей сульфида меди. Рабочий pH для фабрик Cu-Mo колеблется от $\sim 5,5$ до 12, в зависимости от таких факторов, как минералогия, качество воды, работа флотомашин и производительность очистки. Однако большинство фабрик работают при высоком уровне pH из соображений безопасности, чтобы избежать образования H_2S или достаточно снизить уровень пирита, если он присутствует в основном концентрате в больших количествах.

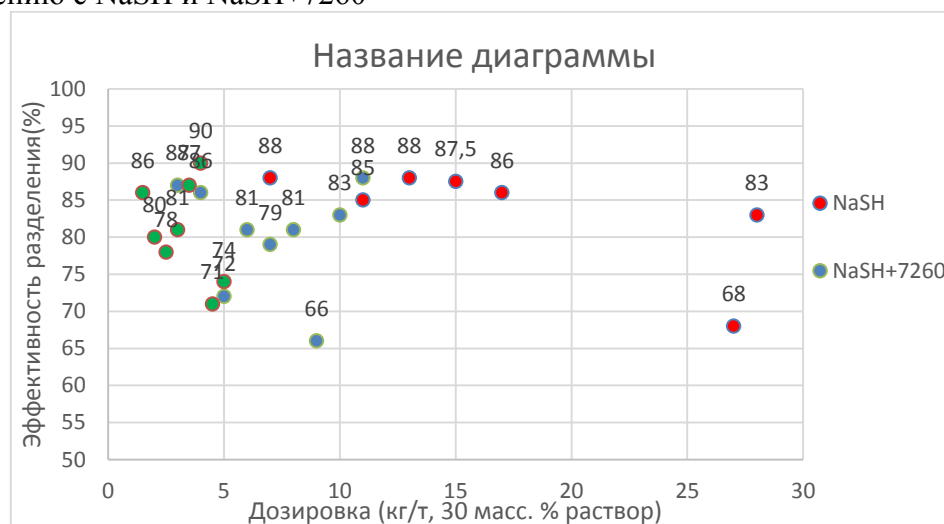
Основным требованием нового депрессора была адаптация новой органической молекулы к практическим требованиям операций Cu-Mo, включая (a) способность удалять 70-100% NaSH с большей эффективностью дозировки (т.е., более низкая стоимость обработки, чем NaSH), (b) эквивалентная селективность по сравнению с NaSH без негативного влияния на флотацию молибдена и (c) один раствор продукта, который легче применять на фабрике по сравнению с депрессорной системой $\text{NaSH}/\text{AERO}^\circledR 7260 \text{ HFP}$.

Новый депрессор AERO NR-7361 был протестирован на различных массовых концентратах Cu-Mo, содержащих различную минералогия, от одного халькопирита до более сложных массовых концентратов, содержащих смесь халькопирита, халькоцита, борнита, теннантита и ковеллита. Эти лабораторные

испытания проводились в технологической воде завода с использованием азота при различных значениях pH, чтобы оценить эффективность нового депрессора в реальных условиях завода.

Лабораторные результаты, полученные с помощью AERO NR 7361 при разделении Cu-Мо с использованием различных дозировок, представлены на таблице 1, на котором показана эффективность разделения (т.е. разница между извлечением Мо и извлечением Cu) в зависимости от NaSH, NaSH+7260 или AERO. Дозировка NR 7361. Поскольку целью разделения Cu-Мо является максимальное извлечение Мо при минимальном извлечении Cu, желательна более высокая эффективность разделения (ЭР). Из этих результатов очевидно, что AERO NR 7361 обеспечил преимущества с точки зрения лучшей эффективности дозировки и общей устойчивости к изменениям минералогии. Используя значение ЭР >70% и дозировку <2,6 кг/т в качестве произвольной меры успеха, можно увидеть, что AERO NR 7361 работает лучше, чем NaSH и NaSH+7260.

Таблица 1. Результаты лабораторных испытаний различных концентратов Cu-Мо, показывающие лучшую эффективность дозирования при использовании AERO NR7361 по сравнению с NaSH и NaSH+7260



Испытание установки было рассчитано на 15 дней, в течение которых AERO NR 7361 непрерывно применялся в качестве единственного депрессора на флотации Молибдена. Кроме того, использовали комбинацию NaSH и AERO 7260 HFP добавляя и исключая, таким образом, эта система депрессантов также сравнивалась с AERO NR 7361.

Стандартными условиями при использовании NaSH были pH >11 и ОБП, более снижающий (т.е. более отрицательный), чем -500 мВ. Когда AERO 7260 HFP использовался в комбинации с NaSH, ОБП находился в диапазоне от -450 до -500 мВ, в то время как pH оставался >11. Новый депрессор AERO NR 7361 существенно не изменяет pH или ОБП пульпы по сравнению с NaSH. Таким образом, диапазоны pH и ОБП при использовании AERO NR 7361 находились в пределах 8-9,5 и от -100 мВ до -200 мВ соответственно.

В минералогическом составе сырья преобладает халькопирит с небольшими количествами халькоцита, ковеллита и борнита. Молибденит был основным минералом молибдена. Содержание Cu, Mo, Fe и Pb на основной флотации Mo обработанных NaSH, NaSH/7260 и AERO NR 7361, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Марки металлов сырьевых концентратов завода Моли, обработанных различными депрессорами

Типы депрессантов	Химический состав питания Молибденовой флотации (%)			
	Cu	Mo	Fe	Pb
NaSH	23.5	2.75	28.6	0.18
NaSH/7260	24.5	2.50	28.6	0.27
AERO NR 7361	23.0	3.70	27.7	0.14

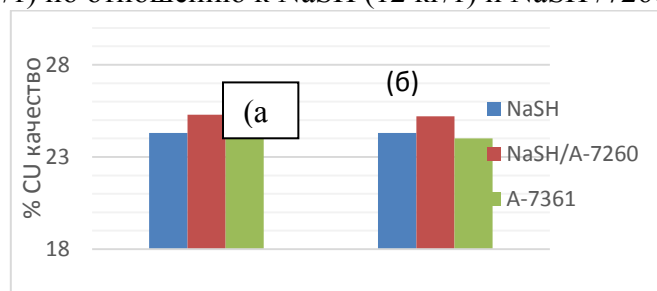
Целевые дозы для фабрики AERO NR 7361 были определены на основе трех раундов испытаний в лабораторной камере основной и на открытых циркуляционных перемешивателях (3 стадии) различных массовых концентратах. Лабораторные испытания показали, что общие дозировки AERO NR 7361 для основной и перемешивательных флотаций в диапазоне от 1,2 до 1,8 кг/т будут достаточны для замены 10–15 кг/т NaSH. Во время испытаний на фабрике для эффективного разделения Cu-Mo потребовалась общая дозировка 1,5 кг/т AERO NR 7361. Около 70% из 1,5 кг/т (т.е. 1 кг/т) добавлялось в основные машины, а оставшаяся часть (только 500 г/т) требовалась в очистительных машинах. Такое распределение дозировок показывает, что AERO NR 7361 используется в перемешивательных в гораздо более низких дозах на единицу Cu по сравнению с NaSH, который часто используется в больших дозах, несмотря на относительно небольшое количество Cu, попадающее в перемешивательные.

Металлургические данные завода конечного концентрата Cu (хвосты основной флотации Moly фабрики) для NaSH, NaSH/7260 и AERO NR 7361 приведены на таблице 3. Эти результаты показывают, что AERO NR 7361 эффективно подавлял сульфиды Cu и Fe для получения конечного концентрата Cu достаточного качества. Фактические содержания Cu и Fe, достигнутые с помощью AERO NR 7361, были немного ниже по сравнению с NaSH и NaSH/7260, но это было связано с более низкими содержаниями Cu и Fe в фабричном питании Moly, обработанном во время испытания установки (Таблица 2). Результаты в целом показывают, что AERO NR 7361 дает те же депрессорные свойства, что и NaSH, но при значительно меньшей дозировке: 1,5 кг/т против 12 кг/т.

Таблица 3. а-б Металлургические данные завода, показывающие

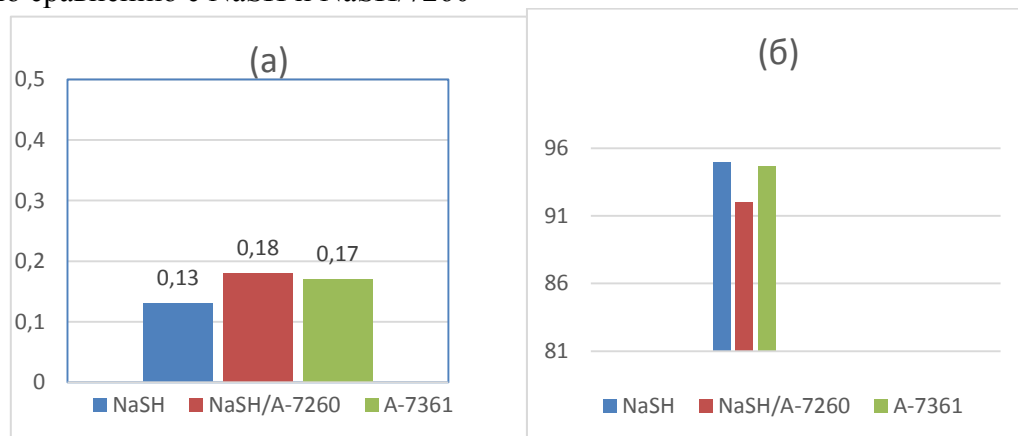
а) процентное содержание меди в конечном медном концентрате

б) процентное содержание железа в конечном медном концентрате для AERO NR-7361 (1,5 кг/т) по отношению к NaSH (12 кг/т) и NaSH /7260



AERO NR 7361 была лучшей селективностью и контролем (то есть более широкое рабочее окно) по сравнению с AERO 7260 HFP, и это показано на таблице 4б, где было достигнуто более высокое извлечение Mo с 1,5 кг/т AERO NR 7361 по сравнению со схемой NaSH/7260, которая, очевидно, требовала большей оптимизации для достижения приемлемого извлечения Mo.

Таблица 4. Металлургические данные фабрики, показывающие а) содержание молибдена в % в конечном медном концентрате и б) извлечение молибдена для AERO NR-7361 по сравнению с NaSH и NaSH/7260



Неорганические депрессоры, такие как NaSH, продолжают оставаться традиционными химическими реагентами, используемыми для разделения Cu-Mo, несмотря на множество недостатков, включая их неблагоприятные характеристики для здоровья, безопасности и окружающей среды, большие дозировки и, как следствие, большие затраты на обработку. Основной причиной дальнейшего использования этих депрессантов является отсутствие привлекательных альтернатив. Целью данной статьи было представить и обсудить новую инновацию AERO NR 7361, недавно разработанную Solvay. AERO NR 7361 предлагает множество преимуществ по сравнению с используемыми в настоящее время неорганическими реагентами. В качестве примера в этой статье представлены данные установки для крупной обогатительной фабрики Cu-Mo в Актогае, показывающие, что AERO NR 7361 является эффективным депрессором сульфида меди для различных

минералогических процессов и обеспечивает лучшее соотношение дозировки и более низкие затраты на обработку. Он также эффективно подавляет сульфиды железа и галенит, в результате чего получается молибденовый концентрат высокого качества. Это также относительно неопасно. Таким образом, использование AERO NR 7361 может решить несколько проблем разделения Cu-Mo в качестве экономичной и безопасной альтернативы, потенциально способной также улучшить металлургию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аринайтве Э. и Нагарадж Д.Р. (2015 г.), «Полимерные депрессоры как безопасная и эффективная альтернатива NaSH в разделении Cu-Mo: роль минералогии и флотационного газа», Ежегодное собрание МСП, Денвер, Колорадо, США. : Общество горной промышленности, металлургии и геологоразведки.
2. Бхамбхани Т., Нагарадж Д.Р., Гупта П., Лоуренс А., Пирт М. и Зарате П. (2014 г.), «Практические аспекты разделения Cu-Mo и альтернативы NaSH и реагенту Нокса», IMPC XXVII, Сантьяго, Чили.
3. Кастро, С., (1981), «Селективная флотация молибденита: механизмы депрессии халькоцита с сульфидом натрия, анамолем-D и реагентом Нокса», «Развития в переработке полезных ископаемых 2, часть А.» (Proc.Thirth International Mineral Processing). Конгресс, Варшава-Польша), Дж. Ласковский, Ред., Elsevier, стр. 181.
4. Мортенсен Дж., Кастильо Г. и Лоуренс А. (2016 г.), «Сокращение использования NaSH на молибденовом заводе Kennecott с использованием депрессанта AERO® 7260 HFP», Ежегодное собрание МСП, Финикс, Аризона, США: Общество горной промышленности, металлургии и геологоразведки.
5. Хирадзима, Т.; Мики, Х.; Панде, Г.; Суянтара, В.; Мацуока, Х.; Эльмахди, АМ; Сасаки, К.; Имаидзуми, Ю.; Куроива С. (2017), «Селективная флотация халькопирита и молибденита с окислением H₂O₂», Minerals Engineering, 100, 83.
6. Хирадзима, Т.; Мори, М.; Итикава, О.; Сасаки, К.; Мики, Х.; Фарахат, М.; Савада М. (2014 г.), «Селективная флотация халькопирита и молибденита с предварительной плазменной обработкой», Minerals Engineering, 66–68, 102.
7. Международная молибденовая ассоциация (ИМОА), (2011 г.), «Молибден в чугунах и сталях для производства чистой и экологически чистой энергии».

UDC 621.084.

Daniel D. (22- MTM -2 p, EKTU), Akhmadiyev R. (24-MTM-2z, EKTU),
Kombayev K. (PhD, EKTU), Sypainova G. (Teacher, EKTU)

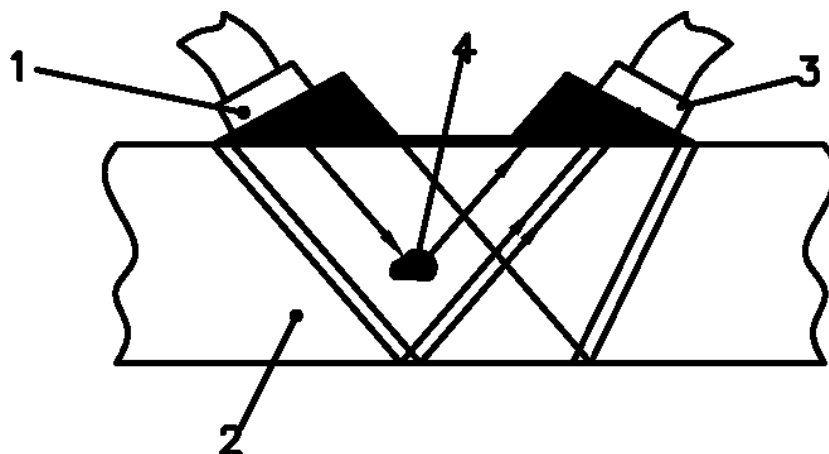
NON-DESTRUCTIVE TESTING OF STEEL OF SHUT-OFF VALVES OPERATING IN AGGRESSIVE MEDIA

Abstract: Shut-off valves of Kazakhstan production are widely used in oil and gas production and oil and gas transportation industry, as well as in public utilities. To reduce the level of accidents in the process of operation it is necessary to diagnose the initial blanks of castings, forgings and welded joints at the stage of production cycle. Physical methods and means of non-destructive testing (NDT) of metal products are used to detect various types of defects in shut-off valves.

Non-destructive incoming inspection of blanks, welded joints of high-pressure valve products is an integral part of the overall production process for critical facilities. The task of diagnosing the quality of parts of pipeline valves using ultrasonic flaw detection of cast blanks with control samples is considered.

Key words: Non-destructive testing method, ultrasonic flaw detector, pipelines.

For the study of steel products ultrasonic flaw detection, the echo-pulse method of reflected vibrations is the most widely used, Figure 1.



1 - probe-emitter; 2 - examined part; 3 - probe-receiver; 4 - defect
Figure 1 - Echo pulse method of ultrasonic flaw detection

In the echo pulse method, the stylus emitter sends pulses of ultrasonic waves through the metal layer, which are reflected by the defect and picked up by the stylus receiver [1]. These pulses are recorded on the screen of the electron beam tube of the flaw detector in the form of peaks, indicating the presence of a defect. By measuring the time from the moment of sending the pulse to the reception of the return signal, it is possible to determine the depth of defects. The main advantage of this method is that the control can be carried out with one-sided access to the workpiece, welded seam without removing reinforcement or pre-treatment of the seam. In welded joints are subjected to control of the welded metal and heat affected zones. Welded joints, as a rule, are monitored from the surface of the peri seam zone inclined ultrasonic transducers. The weld reinforcement outer roll is not removed [2].

Scientific research work was carried out at the operating production Figure 2, with in-depth study of the nature of defects in the Center of Excellence "VERITAS" NAO VKTU named after D. Serikbayev.



Figure 2- Research and development work of ultrasonic inspection Currently, the methods of ultrasonic inspection of forgings, castings are standardized [3], and a large number of NC instructions have also been developed.

This is due to the fact that a large amount of work is carried out in the process of manufacturing of metal structures of pipelines of shut-off valves. A characteristic feature of pipeline valves is a wide variety of designs, and therefore ultrasonic inspection techniques [4].

Ultrasonic inspection was performed manually, the operator moves the ultrasonic transducer, sounding the part from different positions. The ultrasonic flaw detector automatically determines the position of the transducer on the workpiece and compares ultrasonic echoes with this position [5]. Then a B or C type sweep is generated, and the image of defects is displayed. The inspection results are viewed on the screen of the flaw detector Figure 3, and by connecting a printer to the flaw detector it is possible to print them out. Based on the inspection data, the quality of the entire workpiece is assessed in accordance with the normative documents.

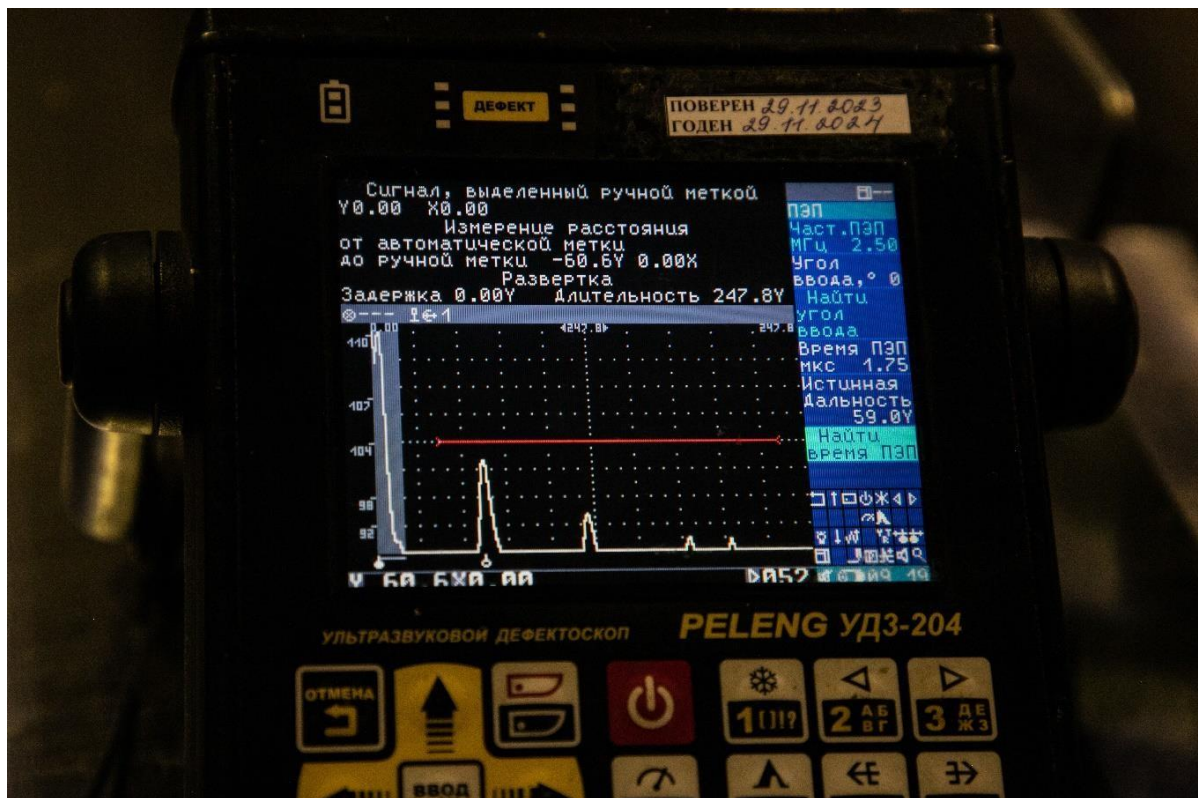
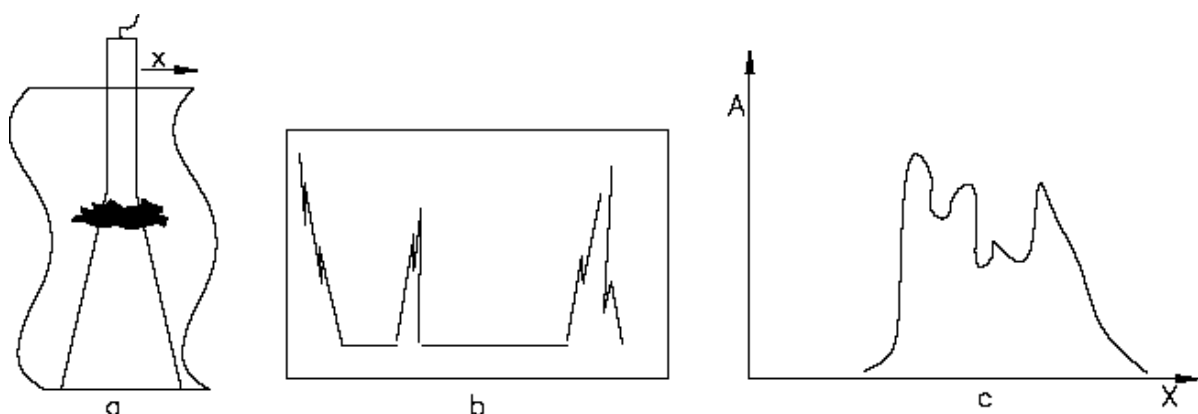


Figure 3 - Results of ultrasonic flaw detection

The change in the amplitude of the bottom wave is very important for the evaluation of forging quality, Figure 4. Not only individual defects and dense zonal defects are associated with bottom wave reduction, but also shrinkage shells, pronounced segregation, crystal pores and small dispersed inclusions left due to inadequate forging [6]. If the bottom wave reduction is limited to the presence of single defects and dense defects, it will lead to the fact that the bottom wave reduction cannot cover the evaluation of defects affecting the mechanical properties of the material, resulting in a reduction in the actual acceptance quality requirements [7].



a - position of the extended non-flaw in the product; b - A-drawing at detection of non-flaw; c - dynamics of echo-signal amplitude change (A) when moving the transducer in the direction X

Figure 4 - Detection of a defect - extended non-flaw

To determine the nature of possible defects, the results of manual ultrasonic inspection were considered. The obtained experimental data allow us to draw the following important conclusions:

The direction of vibrational motion of particles coincides with the direction of the wave. Most often, direct combined and separate-combined oscillating waves are excited, which excludes such defects as cracks, delaminations, stretched inclusions, pores.

The longitudinal wave velocity in carbon steels varies from 5,900 to 5,940 m/s, depending on the particular alloy. For the steel under study, for example, 5 920 m/s is considered the correct value. The longitudinal wavelength in such steel depends on the frequency - for a frequency of 2.5 MHz, for example, it would be

2.4 mm. For 5.0 MHz, it would be 1.2 mm. Combination of electronic and mechanical scanning with data binding to the object coordinate system allows to apply the most powerful methods of three-dimensional visualization of defects [8]. Experimental studies on defect assessment on the investigated part suggest the presence of extended non-continuous steel.

Conclusion

The application of ultrasonic control methodology of parts of shut-off valves by defectoscopists in the laboratory of non-destructive testing will allow the most qualitative search for defects of cracks, delamination, stretched inclusions, pores and non-continuities. Eliminate rejects resulting from propagation and expansion of undetected defects, as well as increase the productivity of controlled parts to the necessary production needs. The elimination of defects leads to safety in the manufacture of valve parts and increases the service life of the product.

Funding: This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan IRN: AP23488351 «Creation of a laboratory of design, modeling and engineering analysis to optimize the designs of pipeline fittings of Kazakhstan production»

REFERENCE LIST:

1. Bazylev D. N., Romanovich V. A., Somov S. N., Pyrkin A. A. Ultrasonic inspection of metal structures using phased electromagnetic-acoustic antenna array. // *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 12. P. 1060- 1066 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-12-1060-1066
2. K. Kombayev, A. Kim, G. Sypainova, D. Yelemanov. Improving wear resistance by electrolyte-plasma hardening of corrosion-resistant steel of the tip // *Istraživanja i projektovanja za privredu* ISSN 1451-4117 DOI:10.5937/jaes0- 42291 www.engineeringscience.rs/ *Journal of Applied Engineering Science* Vol. 21, No. 3, 2023 Original Scientific Paper. 21(2023)3, 1122, Paper number: 810- 819.
3. K. Kombayev, M. Muzdybayev, A. Muzdybayeva, D. Myrzabekova, W. Wieleba, T. Leśniewski, (2022). Functional Surface Layer Strengthening and Wear Resistance Increasing of a Low Carbon Steel by Electrolytic-Plasma Processing.

Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering, 68(9), 542-551. DOI:10.5545/sv-jme.2022.147.

4. Kombayev, K., Kim, A., Yelemanov, D., Sypainova, G. Strengthening of Low-Carbon Alloy Steel by Electrolytic-Plasma Hardening//International Review of Mechanical Engineeringthis link is disabled, 2022, 16(2), pp. 84-91. DOI 10.15866/ireme.v16i2.

5. Doudkin, M., Kim, A., Kombayev, K., Azamatov, B., Azamatova, Z. Research of cutting temperature reducing of titanium alloy grade 5 below polymorphic transformation depending on calculation of cutting modes//International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 2020, 10(2), pp. 747-758. DOI10.24247/ijmperdapr202074.

6. Rakhadilov, B.K., Sagdoldina, Zh.B., Ocheredko, I.A., Kombayev, K.K., Khassenov, A.K. Impact research of electron beam processing on the structure and properties of RA6 polyamide/Eurasian Physical Technical Journalthis link is disabled, 2019, 16(2), pp. 43-47. DOI10.31489/2019No2/43-47

7. Kombayev, K.K., Doudkin, M.V.Kim, A.I., Mlynczak, M., Rakhadilov, B.K.. Surface hardening of the aluminum alloys AL3 by electrolytic-plasma treatment/News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciencesthis link is disabled, 2019, 4(436), pp. 222-229. DOI10.32014/2019.2518-170X.117

8. Kozha, E., Smagulov, D.U., Akhmetova, G.E., Kombayev, K.K..Laboratory installation for electrolytic-plasma treatment of steel/News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciencesthis link is disabled, 2017, 4(424), pp. 219-224. <https://www.scopus.com/sourceid/21100781874>.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА K-MEANS В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. Кластерный анализ лежит в основе многих научных исследований. Кластеризация – задача разделения (разбиения) множества объектов в сравнительно однородные группы, которые носят название кластеров. В частности, кластерный анализ может быть использован при решении задачи маршрутизации доставки мелких партий грузов. Существуют различные алгоритмы кластеризации данных, один из них – алгоритм «k-means», который отличается доступностью и эффективностью решений. В сфере организации перевозок, алгоритм может быть применен для объединения пунктов доставки грузов в однородные группы по критерию кратчайшего расстояния между ними. В данной статье рассматривается возможность реализации алгоритма «k-means» при кластеризации торговых точек ТОО «Хлебозавод Каравай» с целью дальнейшего проектирования оптимальных развозочных маршрутов при доставке хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: кластеризация, k-means, торговые точки, центр кластера, сумма квадратичных ошибок.

В организации перевозок немалое значение имеет кластеризация, цель которой – разделение множества объектов доставки на группы (зоны города). Методы кластерного анализа делятся на два вида: иерархические и неиерархические алгоритмы.

Основными методами иерархического кластерного анализа являются метод ближнего соседа, метод полной связи, метод средней связи и метод Варда. Неиерархические методы представляют собой итеративные методы дробления исходной совокупности. В процессе деления формируются новые кластеры, и так до тех пор, пока не будет выполнено правило остановки. Между собой методы различаются выбором начальной точки, правилом формирования новых кластеров и правилом остановки. Преимущество второй группы над первой в том, что неиерархические методы обнаруживают более высокую устойчивость по отношению к выбросам, неверному выбору метрики и пр. [1, с. 2] Среди таких методов своей доступностью и быстротой выделяется алгоритм k-means. Он хорошо справляется с задачей кластеризации в случае, когда кластеры линейно делимы и представляют собой отдельные скопления точек. Главный недостаток алгоритма в том, что ему требуется назначить число кластеров k в качестве входного параметра, а задать искусственно это условие не всегда возможно.

Рассмотрим работу алгоритма k-means на точках доставки хлебозавода «Каравай». Расчеты проведены с помощью программы Microsoft Excel.

Например, имеется набор из 12 пунктов доставки, данных в двумерном пространстве, из которого требуется получить два кластера. Значения точек приведены в таблице 1, где X – расстояния от хлебозавода до торговой точки, Y – расстояния между торговыми точками.

Таблица 1 – Набор точек

Наименование	Букв. знач.	X	Y
Торговый центр ИП Пручковская Г. А.	A	4	0
Рынок "Дос Нар"	B	5	1
ТД "Аружан"	C	5	1,5
ТОО "Вкус Маркет"	D	5	0,7
магазин "Ромашка"	E	6	0,25
магазин "Экспресс"	F	2	7
магазин "НОА"	G	9	14
магазин "Каравай"	H	9	0,3
ТД "Алем"	I	8,5	0,7
ТД "Жардем"	J	8,5	0,1
гостиница "Shiny River"	K	7	3
магазин "Семейный"	L	4	4

На рисунке 1 представлено расположение точек на системе координат.

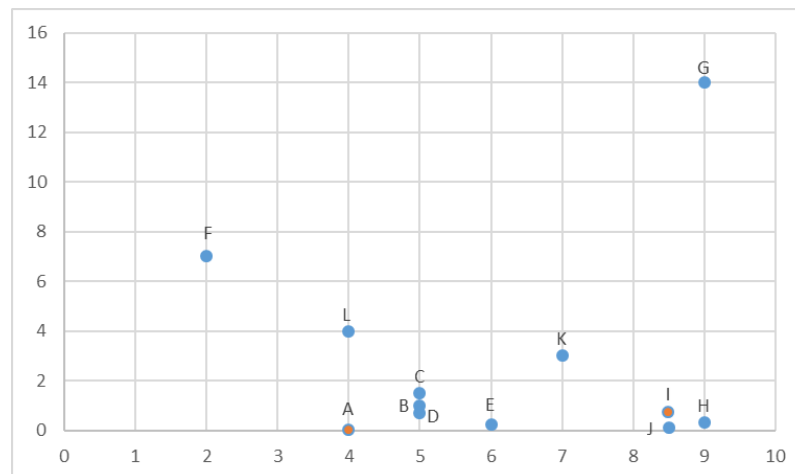


Рисунок 1 – Начальная инициализация

1. Определяется число кластеров, на которое требуется разбить исходное множество – $k=2$.

2. Случайным образом выбираются две точки, которые будут начальными центрами кластеров: $m_1 = A(4;0)$ и $m_2 = I(8,5;0,7)$. На рисунке 1 они закрашены оранжевым цветом.

3. Для каждой точки определяется ближайший к ней центр кластера с помощью расстояния Евклида.

$$d_E(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

В таблице 2 представлены вычисленные с помощью формулы 1 расстояния между центрами кластеров $m_1=(4;0)$, $m_2=(8,5;0,7)$ и каждой точкой исходного множества, а также указано, к какому кластеру принадлежит та или иная точка.

Таблица 2 – Расчет принадлежности к кластеру

Букв. знач.	X	Y	Расстояние от m1	Расстояние от m2	№ кластера
A	4	0	0,00	4,55	1
B	5	1	1,41	3,51	1
C	5	1,5	1,80	3,59	1
D	5	0,7	1,22	3,50	1
E	6	0,25	2,02	2,54	1
F	2	7	7,28	9,05	1
G	9	14	14,87	13,31	2
H	9	0,3	5,01	0,64	2
I	8,5	0,7	4,55	0,00	2
J	8,5	0,1	4,50	0,60	2
K	7	3	4,24	2,75	2
L	4	4	4,00	5,58	1

Таким образом, кластер №1 содержит точки A, B, C, D, E, F, L, а кластер №2 – точки G, H, I, J, K. Как только определятся члены кластеров, может быть рассчитана сумма квадратичных ошибок:

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} (p - m_i)^2 \quad (2)$$

$$E_1 = 0^2 + 1.41^2 + 1.8^2 + 1.22^2 + 2.02^2 + 7.28^2 + 13.31^2 + 0.64^2 + 0^2 + 0.6^2 + 2.75^2 + 4^2 = 265$$

4. По формуле 3 для каждого кластера вычисляется его центроид, и центр кластера перемещается в него.

$$(x, y) = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n_x}, \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n_y} \right) \quad (3)$$

Центроид для кластера №1:

$$(x, y) = \left(\frac{4 + 5 + 5 + 5 + 6 + 2 + 4}{7}, \frac{0 + 1 + 1.5 + 0.7 + 0.25 + 7 + 4}{7} \right) = (4.43; 2.06)$$

Центроид для кластера №2:

$$(x, y) = \left(\frac{9 + 9 + 8.5 + 8.5 + 7}{5}, \frac{14 + 0.3 + 0.7 + 0.1 + 3}{5} \right) = (8.4; 3.62)$$

Расположение кластеров и центроидов после первой итерации алгоритма представлено на рисунке 2.

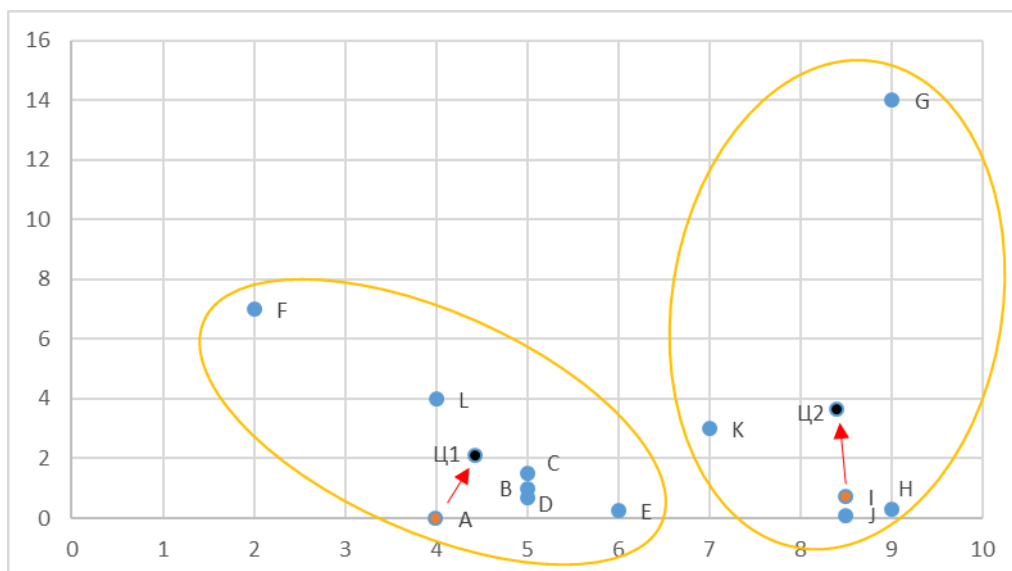


Рисунок 2 – Изменение расположения центроидов после первой итерации

На рисунке 2 начальные центры кластеров закрашены оранжевым цветом, а центроиды, вычисленные при 1-й итерации алгоритма, закрашены черным цветом. Они и будут являться новыми центрами кластеров, к которым будет определяться принадлежность точек данных на второй итерации.

После того, как найдены новые центры кластеров, для каждой точки снова определяется ближайший к ней центр и ее отношение к соответствующему кластеру. Для это еще раз вычисляются евклидовы расстояния между точками и центрами кластеров. [2, с. 183] Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет принадлежности к кластеру (2-я итерация)

Букв. знач.	X	Y	Расстояние от m1	Расстояние от m2	№ кластера
1	2	3	4	5	6
A	4	0	2,10	5,70	1
B	5	1	1,20	4,29	1
C	5	1,5	0,80	4,01	1
D	5	0,7	1,47	4,48	1
E	6	0,25	2,40	4,14	1
F	2	7	5,51	7,24	1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
G	9	14	12,78	10,40	2
H	9	0,3	4,90	3,37	2
I	8,5	0,7	4,29	2,92	2
J	8,5	0,1	4,52	3,52	2
K	7	3	2,74	1,53	2
L	4	4	1,99	4,42	1

Следует отметить, что записей, сменивших кластер на данной итерации алгоритма, не было. Новая сумма квадратов ошибок составит:

$$E = 2.1^2 + 1.2^2 + 0.8^2 + 1.47^2 + 2.4^2 + 5.51^2 + 12.78^2 + 4.9^2 + 4.29^2 + 4.52^2 + 2.74^2 + 1.99^2 = 191$$

Расчеты показывают уменьшение ошибки относительно начального состояния центров кластеров (которая на первом проходе составляла 265). Это говорит об улучшении качества кластеризации, т.е. более высокую «кучность» объектов относительно центра кластера.

Поскольку на данной итерации ни одна запись не изменила своего членства в кластерах, то положение центроида не поменялось, и алгоритм завершает свою работу.

В первый кластер вошли 7 пунктов доставки, во второй кластер – 5.

Таким образом, суть рассмотренного алгоритма состоит в следующем: вначале выбирается k произвольных исходных центров из множества; далее все объекты разбиваются на k групп, наиболее близких к соответствующему центру. На следующем шаге вычисляются центры найденных кластеров. Процедура повторяется итерационно до тех пор, пока центры кластеров не стабилизируются. Алгоритм k -means отличается понятностью, простотой и быстротой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Суслов С. А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // КиберЛенинка: электрон. научн. журн. 2010. N 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterannyy-analiz-suschnost-preimuschestva-i-nedostatki>
2. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 2: учебник и практикум для вузов / Л. С. Болотова; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 250 с.

ӘӨЖ 372.851:511.342

Дукай Т., Келдос Ж.Н., Лауенов Е.Е. Абжанова А.Т. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс), Аменова Ф.С.(PhD, ШҚУ)

КВАДРАТТЫҚ ФОРМАЛАРДЫ ОҚЫТУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аңдатпа: Квадраттық формалардың квадрат форманы канондық түрге келтіру; инерция заңы; оң анықталған формалар сияқты негізгі ұғымдары мен түсініктерін қалыптастырып, олармен байланысты негізгі есептерді жүйелі түрде шеше алу үшін білім алушыда, алдымен, жалпы сызықтық кеңістіктер; сызықтық кеңістіктегі операторлар; кеңістіктің базисі және өлшемі; берілген базистегі негіздегі векторлық координаталар; ішкі кеңістіктердің қосындысы мен қиылысуы; ортогональды толықтауыштар; ортогональды проекция сияқты ұғымдардың негізгі білім-біліктері қалыптасқан болуы тиіс. Жұмыста осы мәселелер аймағында зерттеулер жасалып, кіріспе білімдер жүйесі жинақталған.

Түйін сөздер: квадраттық форма, сызықтық кеңістік, сызықтық кеңістіктегі операторлар, квадраттық формаларды оқыту, сызықтық операторларды оқыту.

Бастапқыда квадраттық формалар теориясы аналитикалық геометрияның екі немесе үш айнымалысы бар екінші ретті тендеу арқылы берілген қисық сызықтар мен беттерді зерттеуі үшін пайдаланылды. Кейінірек бұл теорияның басқа да қолданбалы бағыттары табылды. Мысалы, экономикалық процестерді математикалық модельдеуде мақсаттық функциялардың квадраттық формалар болып табылатын мүшелері бар болады. Квадраттық формалардың көптеген қолданулары айнымалылар саны кез келген n -ге тең болған кезде жалпы теорияны құруды талап етті. Сондай-ақ, квадраттың формалар жайлы, оның негізгі ұғымдары бойынша терең зерттеулер жасау қажет болды. Квадраттың формалар және олардың қолданысын оқыту үшін оны жан-жақты зерттеу қажет. Квадраттық формалар - сызықтық алгебраның маңызды бір саласы. Оны оқытудың мәселелері де маңызды болып табылады.

Мұнда біз квадраттық формаларды – сызықтық алгебраның негізгі ұғымдарының бірі ретінде қарастырып, оны оқытудың әдістемелік мәселелеріне тоқталайық. Яғни квадраттық форма және оның негізгі ұғымдары мен қасиеттері білім алушыда жетік қалыптасуы үшін, оларды қажет жағдайда, математиканың басқа салаларында, жалпы, ғылымның осы ұғым қолданылатын салаларында қолдана алуы үшін қажетті білім-біліктерді жүйелеп, оларды меңгерудің мәселелеріне тоқталайық. Мәселе меңгерілді деп санаймыз, ең алдымен, егер де білім алушы осы ұғымдарға берілген есептерді шешуді меңгерген болса. Қалған мәселелер болашақтың еншісінде, әрине, бұдан басқа да алған білімдерді берілген мәселені шешуде оңтайлы қолдана алу сияқты көптеген әдістемелік мәселелер бар.

Квадраттық формалар жайлы жақсы білім-біліктер қалыптасу үшін білім алушының алдымен, жалпы сызықтық кеңістіктер; сызықтық кеңістіктер және ішкі кеңістіктер; кеңістіктің базисі және өлшемі; берілген базистегі негіздегі векторлық координаталар; ішкі кеңістіктердің қосындысы мен қиылысуы; Евклидтік және унитарлық кеңістіктер; ортогональды толықтауыштар;

ортогональды проекция және ішкі кеңістікке перпендикуляр сияқты ұғымдары қалыптасқан болуы тиіс. Біз төменде осы мәселелер аймағында жұмысымызды жүйелейік.

Сызықтық кеңістіктегі операторлар.

X және Y - екі сызықтық кеңістік болсын. X -тен Y -ке әрекет ететін оператор деп X кеңістіктігінен Y кеңістігіне бейнелеуді айтамыз. Егер бейнелеу A арқылы белгіленсе, онда ол былай жазылады [1-2]:

$$A: X \rightarrow Y.$$

x вектордың кескіні Ax немесе $A(x)$ арқылы белгіленеді және x векторындағы A операторының мәні деп аталады. Анықтамасы бойынша $Ax \in Y$

$A: X \rightarrow Y$ операторы сызықтық оператор деп аталады, егер X және Y - сызықтық кеңістіктері бір P өрісте болса және де төмендегі қасиеттерді қанағаттандырса

1. $A(x_1 + x_2) = A(x_1) + A(x_2) \quad \forall x_1, x_2 \in X$ (оператордың аддитивтілігі);
2. $A(\lambda x) = \lambda A(x) \quad \forall x \in X, \forall \lambda \in P$ (оператордың біртектілігі).

Сызықтық оператор ұғымы математикадағы ең маңызды ұғымдардың бірі болып табылады. Бұл, мысалы, математикалық талдау мен алгебрада зерттелетін негізгі операторлардың: шек табу, дифференциалдау, интегралдау, ішкі кеңістікке проекциялау, матрицаға көбейту және т.б. сызықтық болуымен расталады.

$$A: X \rightarrow X \quad (X = Y)$$

операторды X кеңістіктігін түрлендіру деп те атайды [1-2].

Сызықтық кеңістіктегі операторлар тақырыбы бойынша оқыту тапсырмалардың негізгі түрлері:

- а) берілген оператордың сызықтылығын тексеру;
- б) сызықтық оператордың бейнесін, ядросын, рангінсін табу;
- в) берілген базистегі сызықтық оператордың матрицасын құру (берілген базисте);
- г) сызықтық оператордың меншікті мәндері мен меншікті векторларын табу;
- д) сызықтық оператордың канондық базисін және жордандық қалыпты түрін құру.

Бірінші топ тапсырмаларының негізгі қиындығы мынада: операторлар мысалдарын математиканың әртүрлі салаларынан алуға болады және білім алушыдан эрудиция мен белгілі бір математикалық мәдениетті, білімді талап етеді.

Төменде сызықтық операторлар жайлы мысалдар қарастырайық.

Мысал 1. Келесі операторлардың сызықтылыққа тексеру керек [3]:

$$1. A: \mathbb{C}^4 \rightarrow \mathbb{C}^2; A \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_1 - \xi_2 \\ \xi_3 - \xi_4 \end{pmatrix}$$

$$2. F: M_2(t) \rightarrow M_2(t); Ff(t) = \int_1^t \frac{f(1+u)-f(1-u)}{u} du.$$

3. $X = L_1 \dot{+} L_2$. P операторын келесі түрде анықтайық: егер де $x \in X$ және $x = x_1 + x_2$ ($x_i \in L_i$), онда $Px = x_1$ (L_1 операторын L_2 -ге проекциялау параллельді).

$$4. Q: W_3 \rightarrow W_3; Q\bar{x} = |\bar{x}| \bar{a} \quad (\bar{a} \neq \bar{0} - \text{қандай да бір вектор}).$$

Шешуі.

$$1. A: \mathbb{C}^4 \rightarrow \mathbb{C}^2; A \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_1 - \xi_2 \\ \xi_3 - \xi_4 \end{pmatrix}$$

$A: \mathbb{C}^4 \rightarrow \mathbb{C}^2$ бейнелеу болып табылады. Оның сызықты немесе сызықты емес емес екендігін тексеру үшін оны аддитивтілік және біртектілікке зерттейік.
Яғни

$$\forall x = (x_1, \dots, x_n)^T, y = (y_1, \dots, y_n)^T \in \mathbb{C}^4, \forall \lambda \in \mathbb{C}$$

$$A(x+y) = A \begin{pmatrix} x_1 + y_1 \\ x_2 + y_2 \\ x_3 + y_3 \\ x_4 + y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 + y_1 - (x_2 + y_2) \\ x_3 + y_3 - (x_4 + y_4) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} x_1 - x_2 + y_1 - y_2 \\ x_3 - x_4 + y_3 - y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 - x_2 \\ x_3 - x_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y_1 - y_2 \\ y_3 - y_4 \end{pmatrix} = A(x) + A(y).$$

$$A(\lambda x) = A \begin{pmatrix} \lambda x_1 \\ \lambda x_2 \\ \lambda x_3 \\ \lambda x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda x_1 - \lambda x_2 \\ \lambda x_3 - \lambda x_4 \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} x_1 - x_2 \\ x_3 - x_4 \end{pmatrix} = \lambda A(x).$$

Аддитивтілік және біртектілік шарттары орындалғандықтан, A сызықтық оператор болып табылады.

$$2. F : M_2(t) \rightarrow M_2(t); Ff(t) = \int_1^t \frac{f(1+u) - f(1-u)}{u} du.$$

Алдымен, мынадай түрлендірулердің орынды екендігін көреміз:

$$f(t) \in M_2(t) \Leftrightarrow f(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2.$$

$$f(1+t) - f(1-t) = \alpha_0 + \alpha_1(1+t) + \alpha_2(1+t)^2 -$$

$$- (\alpha_0 + \alpha_1(1-t) + \alpha_2(1-t)^2) = (2\alpha_1 + 4\alpha_2)t,$$

$$\frac{f(1+t) - f(1-t)}{t} = 2\alpha_1 + 4\alpha_2.$$

$$\int_1^t \frac{f(1+u) - f(1-u)}{u} du = \int_1^t (2\alpha_1 + 4\alpha_2) du = (2\alpha_1 + 4\alpha_2)u \Big|_1^t =$$

$$= (2\alpha_1 + 4\alpha_2)(t-1).$$

$$Ff(t) \in M_2(t).$$

Енді бейнелеудің сызықты немесе сызықты емес екендігін тексеру үшін мұнда да, аддивтілік және біртектілікке тексерейік:

Егер де

$$\varphi(t) = f_1(t) + f_2(t), \text{ онда } \varphi(\alpha) = f_1(\alpha) + f_2(\alpha) \text{ және де}$$

$$\varphi(1 \pm u) = f_1(1 \pm u) + f_2(1 \pm u).$$

Мынаны табайық:

$$F(f_1 + f_2) = \int_1^t \frac{f_1(1+u) + f_2(1+u) - (f_1(1-u) + f_2(1-u))}{u} du =$$

$$= \int_1^t \frac{f_1(1+u) - f_1(1-u)}{u} du + \int_1^t \frac{f_2(1+u) - f_2(1-u)}{u} du =$$

$$= Ff_1(t) + Ff_2(t). \text{ Сол сияқты } F(\lambda f(t)) = \int_1^t \frac{\lambda f(1+u) - \lambda f(1-u)}{u} du =$$

$$= \lambda \int_1^t \frac{f(1+u) - f(1-u)}{u} du = \lambda F(f(t)).$$

Ендеше F -сызықтық оператор болып табылады.

Сызықтық оператор нөлдік векторды нөлдік векторға бейнелейді: $A\bar{0} = A(0\bar{x}) = 0A(\bar{x}) = \bar{0}$. Сондықтан, егер $A\bar{0} \neq \bar{0}$, онда A сызықтық емес. Күдікті жағдайларда аддитивтілік пен біртектілікті тексеруді бастамас бұрын нөлдік вектор бойынша оператордың мәнін есептеуді ұсынамыз. Оператордың сызықты емес екендігін дәлелдеу үшін аддитивтілігі бұзылған екі векторға немесе біртектілігі қанағаттандырылмайтын векторға немесе скалярға мысал келтіру жеткілікті.

Сызықтық оператор ұғымын жақсы түсіну үшін білім алушыға келесідей мысалдарды ойластыру қажет:

1. аддитивті, бірақ біртекті емес операторлар;
2. біртекті, бірақ аддитивті емес операторлар.

A сызықтық операторының образы деп Ax , $x \in X$ түріндегі барлық векторлар жиынтығын айтамыз. Егер де $A: X \rightarrow Y$ болса, онда A образы Y -дің ішкі жиыны болып табылады. Оны $Im A$ немесе $Im A$ деп белгілейді.

Егер де A - сызықтық оператор болса, онда $Im A = L(Ae_1, Ae_2, \dots, Ae_m)$, мұндағы $e_1, e_2, \dots, e_m$ - X кеңістігінің қандай да бір базисі.

$A: X \rightarrow Y$ сызықтық операторының ядросы деп $Ax = \bar{0}$ орынды болатындай барлық $x \in X$ жиындарын айтамыз. Сызықтық оператордың ядросын $Ker A$ деп белгілейді. Ол X кеңістігінің ішкі жиыны.

Сызықтық операторлардың ядросы мен образын (кескінін) олардың өлшемдерін (дефект пен ранг) таба білу керек.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Курош А. Г. Курс высшей алгебры: учебник /А.Г. Курош. - 19-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 432 с.
2. Мадунц А. И. Линейная алгебра. Квадратичные формы и их свойства: учеб. пособие / А. И. Мадунц.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
3. Фаддеев Д. К. Задачи по высшей алгебре: учебник / Д.К. Фаддеев, И.С. Соминский. - 17-е изд.,стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с.

ӘӨЖ 372.851:511.342

Дукай Т., Абжанова А.Т., Босмоинова Н.А., Келдос Ж.Н., Лауенов Е.Е. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс), Аменова Ф.С. (PhD, ШҚУ)

ОҢ АНЫҚТАЛҒАН КВАДРАТТЫҚ ФОРМАЛАРДЫ ОҚЫТУ

Аңдатпа: Жұмыста оң анықталған квадраттық формалар жайлы негізгі ұғымдар мен түсініктер зерттеліп, мысалдар қарастырылған. Квадраттық формалар ұғымдарын қалыптастыру кезінде оң анықталған квадраттық формалар ұғымының маңызы зор. Оң анықталған квадраттық формаларды қалыпты түрдегі квадраттық формаға келтіруге болады. Квадраттық формаларды практикада қолдану үшін, алдымен, оларды канондық түрге келтіру керек. Кез келген квадраттық форманы қандай да бір азғындалмаған сызықтық түрлендіру арқылы канондық түрге келтіруге болады. Бұл ережелер жұмысымызда теоремалар түрінде келтіріліп, олардың дәлелдеулері қарастырылды.

Түйін сөздер: квадраттық форма, оң анықталған квадраттық форма, оң анықталған квадраттық формаларды оқыту.

Квадраттық формалар және олардың қасиеттерін оқыту үшін квадраттық формалар жайлы білім-біліктер жүйесі жинақталып, меңгерілуі тиіс. Содан соң квадраттық формалардың қасиеттері зерттелінеді; квадраттық формалардың канондық түрге келтіру сияқты негізгі есептерін шығарудың дағдылары қалыптастырылады; практикалық қолданысы айқындалады.

Квадраттық формалар теориясын алғаш рет француз математигі Лагранж жасады. Осы теорияның көптеген идеялары Лагранжға тиесілі. Атап айтқанда, ол келтірілген форманың маңызды түсінігін енгізді, оның көмегімен берілген дискриминанттың екілік квадраттық формалары кластары сандарының шектеулілігін дәлелдеді. Содан кейін бұл теорияны Гаусс айтарлықтай кеңейтті, ол көптеген жаңа ұғымдарды енгізді, соның негізінде Гаусс оған дейін осы сала мамандары дәлелдей алмаған сандар теориясында қиын және терең теоремалардың дәлелдемелерін ала алды [1].

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - n белгісіздердің нақты коэффициентті f квадраттық формасы оң анықталған деп аталады, егер де оны n оң квадраттардан тұратын қалыпты түрге келтіруге болатын болса, яғни бұл түрдің рангісі де, инерцияның оң индексі де n белгісіздер санына тең болса [1].

Теорема 1. $x_1, x_2, \dots, x_n$ - n белгісіздердің нақты коэффициентті f квадраттық формасы осы белгісіздердің барлық нақты мәндері үшін кем дегенде біреуі нөлден өзгеше болғанда бұл форма оң мәндерді қабылдайтын болса, сонда және тек қана сонда ол оң анықталған болады [1-2].

Дәлелдеуі. f формасы оң анықталған болсын, яғни оны қалыпты түрге келтіруге болады

$$f = y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2, \quad (1)$$

және де

$$y_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

a_{ij} нақты коэффициенттерінің анықтауышы нөлдік емес. Егер кем дегенде біреуі нөлден өзгеше $x_1, x_2, \dots, x_n$, белгісіздердің ерікті нақты мәндерін f -ке қойсақ, оларды алдымен (2), содан кейін y_i үшін алынған мәндердің барлығын (1) қойсақ. (2) –ден $y_1, y_2, \dots, y_n$ үшін алынған мәндердің барлығы бірдей нөлге тең бола алмайды, өйткені, әйтпесе оның анықтауышы нөлден өзгеше болса да $\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j = 0, i = 1, 2, \dots, n$ сызықтық біртекті теңдеулер жүйесінің нөлден басқа шешімі бар болар еді. Табылған $y_1, y_2, \dots, y_n$ мәндерді (1) орнына қойып, барлығы нөлге тең емес нақты сандардың n квадраттарының қосындысына тең f формасының мәндерін аламыз; бұл мән қатаң оң болады.

Керісінше, f формасы оң анықталған болмасын, яғни ранг немесе инерцияның оң индексі n -нен кіші. Бұл дегеніміз азғындалмайтын сызықтық түрлендірулер (2) арқылы келтірілген форманың қалыпты түрінде, мысалы y_n , жаңа белгісіздердің кем дегенде біреуінің квадраты мүлдем жоқ немесе минус таңбасы арқылы еніп тұрғандығын білдіреді. Бұл жағдайда белгісіздердің осы мәндері үшін f формасының мәндері нөлге тең немесе тіпті теріс болатындай $x_1, x_2, \dots, x_n$ белгісіздердің барлығы нөлге тең емес нақты мәндерді таңдауға болады.

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - n белгісіздердің матрицасы $A = (a_{ij})$ болатын f квадраттық формасы берілсін. Осы матрицаның $1, 2, \dots, n$ ретті минорлары оның сол жақ бұрышында орналасқан, яғни

$$a_{11}, \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}, \dots, \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{vmatrix}, \dots, \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix},$$

минорлары f формасының негізгі минорлары деп аталады. Олардың соңғысы A матрицасының анықтауышымен сәйкес келеді.

Теорема 2. Егер де $x_1, x_2, \dots, x_n$ - n белгісіздердің нақты коэффициентті f квадраттық формасының барлық негізгі минорлары қатаң оң болса сонда және тек қана сонда ол оң анықталған болады [1-2].

Дәлелдеуі. $n=1$ үшін, теорема ақиқат, өйткені бұл жағдайда форманың түрі ax^2 , сондықтан ол оң анықталған болады, сонда және тек қана сонда, егер $a > 0$. Сондықтан $n-1$ белгісіздердегі квадрат формалар үшін дәлелденген деп есептей отырып, n белгісіздер жағдайы үшін теореманы дәлелдеу қажет.

Түрлендіруден кейін матрицасы $Q'AQ$ болатын квадраттық форма алынады, алайда $|Q'| = |Q|$, $|Q'AQ| = |Q'| \cdot |A| \cdot |Q| = |A| \cdot |Q|^2$ болғандықтан, яғни $|A|$ анықтауышы оң санға көбейтіледі.

$$f = \sum_{i,j=1}^n a_{ij} x_i x_j$$

квадраттық формасы берілсін. Оны мына түрде жазуға болады:

$$f = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} a_{in} x_i x_n + a_{nn} x_n^2, \quad (3)$$

мұндағы φ квадраттық формасы $n-1$ белгісіздерден тәуелді, x_n белгісізді қамтымайтын f квадраттық формасының мүшелерінен құралған квадраттық форма болады. φ формасының негізгі минорлары f формасының соңғы негізгі минорынан басқаларының барлығымен сәйкес келеді.

f квадраттық формасы оң анықталған болсын. φ формасы да оң анықталған болады: φ формасы қатаң емес оң мәндерді қабылдайтындай $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ белгісіздердің барлығы нөлге тең емес мәндері табылса, онда қосымша $x_n = 0$ деп алсақ, онда $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ белгісіздердің барлық мәндері нөлге тең болмаса да, f квадраттық формасының қатаң емес оң мәндерімен (3) алар едік.

Сондықтан да, индуктивті ұйғарым бойынша f квадраттық формасының соңғысынан басқа барлық негізгі минорлары қатаң оң болады. Форманың соңғы бас минорына, яғни матрицаның анықтауышына келетін болсақ, оның оң болатындығын келесі тұжырымдардан байқауға болады: сызықты азғындалмаған түрлендірумен оң анықталған f квадраттық форма n оң квадраттардан тұратын қалыпты түрге келтіріледі. Бұл қалыпты форманың анықтауышы қатаң оң.

f квадраттық формасының негізгі минорлары қатаң оң болсын. Бұдан φ -дің барлық бас минорларының оң екендігі, яғни индуктивті болжам бойынша осы форманың оң анықтығы шығады. Демек, φ формасын $y_1, y_2, \dots, y_{n-1}$ жана белгісіздердің $n-1$ оң квадраттарының қосындысы түріне келтіретін $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ белгісіздердің азғындалмаған сызықтық түрлендіруі бар. Онда сызықтық түрлендіруді $x_n = y_n$ деп барлық $x_1, x_2, \dots, x_n$ белгісіздердің азғындалмаған сызықтық түрлендірулеріне дейін толықтыруға болады. (3) ескерсек, f формасы көрсетілген түрге былайша түрлендіріледі:

$$f = \sum_{i=1}^{n-1} y_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} b_{in} y_i y_n + b_{nn} y_n^2 \quad (4)$$

b_{in} коэффициенттерінің нақты өрнектері бұл жерде маңызды емес.

$y_i^2 + 2b_{in} y_i y_n = (y_i + b_{in} y_n)^2 - b_{in}^2 y_n^2$ болғандықтан $z_i = y_i + b_{in} y_n, i = 1, 2, \dots, n-1; z_n = y_n$ азғындалмаған сызықтық түрлендіру f квадраттық формасы келесі канондық түрге келтіріледі:

$$f = \sum_{i=1}^{n-1} z_i^2 + cz_n^2. \quad (5)$$

f квадраттық формасының оң анықталғандығын дәлелдеу үшін c санының оң екенін дәлелдеу керек. (5) теңдіктің оң жағындағы форманың анықтаушы c -ға тең. Бұл анықтаушы оң болуы керек, өйткені (5) теңдіктің оң жағы f формада азғындалмаған екі сызықтық түрлендіру арқылы алынады, ал f форма анықтаушы осы форманың негізгі минорларының соңғысы болды, оң. Теорема дәлелденді [1].

Мысал 1. $f = 5x_1^2 + x_2^2 + 5x_3^2 + 4x_1x_2 - 8x_1x_3 - 4x_2x_3$ түріндегі квадраттық форма оң анықталған ба [3]?

Шешуі. Берілген квадраттық форманың коэффициенттері

$$a_{11} = 5, a_{22} = 1, a_{33} = 5, a_{12} = a_{21} = 2, a_{13} = a_{31} = -4, a_{23} = a_{32} = -2.$$

Оның матрицасынан құралған бас минорлары:

$$5, \begin{vmatrix} 5 & 2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = 1, \begin{vmatrix} 5 & 2 & -4 \\ 2 & 1 & -2 \\ -4 & -2 & 5 \end{vmatrix} = 1.$$

Квадраттық форма оң анықталған, өйткені оның барлық бас минорлары оң сандар.

Мысал 2. $f = 3x_1^2 + x_2^2 + 5x_3^2 + 4x_1x_2 - 8x_1x_3 - 4x_2x_3$ түріндегі квадраттық форма оң анықталған ба [3]?

Шешуі.

$$a_{11} = 3, a_{22} = 1, a_{33} = 5, a_{12} = a_{21} = 2, a_{13} = a_{31} = -4, a_{23} = a_{32} = -2.$$

Екінші ретті бас минор

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = -1$$

теріс сан болды. Ендеше квадраттық форма оң анықталмаған.

Мысал 3. $f = x_1^2 + 8x_2^2 - 6x_3^2 + 4x_1x_2 + 8x_1x_3 - 10x_2x_3$ квадраттық формасы оң анықталған ба? [3]

Шешуі. Квадраттық форманың коэффициенттері

$$a_{11} = 1, a_{22} = 8, a_{33} = -6, a_{12} = a_{21} = 2, a_{13} = a_{31} = 4, a_{23} = a_{32} = -5.$$

Форма матрицасының бас минорларын құрып, оларды есептейік:

$$1, \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 8 \end{vmatrix} = 4, \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 8 & -5 \\ 4 & -5 & -6 \end{vmatrix} = -257.$$

Бірінші, екенші ретті бас минорлар оң болғанымен, үшінші ретті бас минор теріс сан болып шықты, сондықтан да квадраттық форма оң анықталмаған.

Оң анықталған квадраттық формалар жайлы білім-біліктер жүйесін бекіту және алған білімдерін тексеру мақсатында тестік тапсырмаларды құрастыруға болады. Мысалы, төмендегідей тестілерді ұсынамыз:

1. n белгісіздердің f квадраттық формасы оң квадраттардан тұратын қалыпты түрге келтірілсе, онда ол:

- а) оң анықталмаған;
- б) теріс анықталған;
- в) оң анықталған;
- г) теріс анықталмаған деп аталады.

2. Нақты коэффициентті n белгісіздердің f квадраттық формасы оң анықталған болады, егер

- а) барлық бас минорлар қатаң оң болғанда;
- б) барлық рангілер қатаң оң болғанда;
- в) барлық сигнатуралар қатаң оң болғанда.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

4. Курош А. Г. Курс высшей алгебры: учебник /А.Г. Курош. - 19-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 432 с.

5. Мадунц А. И. Линейная алгебра. Квадратичные формы и их свойства: учеб. пособие / А. И. Мадунц - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.

6. Фаддеев Д.К. Задачи по высшей алгебре: учебник / Д.К. Фаддеев, И.С. Соминский. - 17-е изд.,стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с.

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ СТРАНЫ

Аннотация. В данной статье рассмотрены факторы, влияющие на экономический рост страны как основы развития международного сотрудничества экспортно – импортных систем. Основываясь на комплексном подходе к изучению данной проблематики, работа рассматривает влияние инфраструктуры, технологических инноваций, регулирования и макроэкономических условий на эффективность транспортной и логистической деятельности. Анализируются вопросы оптимизации логистических цепей, улучшения транспортной инфраструктуры, а также роли цифровизации и устойчивости в контексте повышения конкурентоспособности страны. Предложены примерные методы решения проблем, благодаря которым можно обеспечить видимость движения, снизить риски и оптимизировать операции транспортных и логистических услуг.

Ключевые слова: экспорт, импорт, международные перевозки, промышленность, транспортная инфраструктура, логистика, влияющие факторы.

Транспорт играет важнейшую роль в развитии страны и формировании ее экономики. Эта отрасль обеспечивает не только перемещение людей и товаров, но и является ключевым стимулом для экономического роста, обеспечивая доступность ресурсов, развивая торговлю и способствуя социальной интеграции. Рассмотрим, почему транспорт является главной отраслью страны и экономики.

Во-первых, транспорт обеспечивает эффективное функционирование экономики путем обеспечения своевременной и беспрепятственной перевозки товаров и услуг.

Во-вторых, транспорт играет важную роль в социальной интеграции и развитии общества.

В-третьих, транспорт оказывает прямое воздействие на занятость и экономический рост.

Транспортно-логистическая система (ТЛС) является ключевым элементом современной экономики, играя критическую роль в обеспечении эффективного перемещения товаров и услуг. Эта система включает в себя комплекс транспортных сетей, логистических операций, складских хранилищ, систем отслеживания и другие элементы, которые обеспечивают непрерывный поток товаров от производства к конечным потребителям. Как ТЛС влияет на экономику страны и почему ее эффективность является критическим фактором для экономического развития можно рассмотреть в нескольких пунктах.

Экономическая эффективность. Транспортно-логистическая система является непосредственным катализатором экономической эффективности. Благодаря хорошо организованным системам транспорта и логистики компании могут минимизировать затраты на перевозку и складирование, что снижает стоимость конечного продукта для потребителя. Эффективная ТЛС позволяет сокращать временные задержки и избегать излишних запасов, что в конечном итоге повышает конкурентоспособность продукции на мировом рынке.

Создание рабочих мест. Транспортно-логистическая отрасль является одним из крупнейших источников рабочих мест в современных экономиках. Не только работники прямо связанные с транспортом и логистикой находят занятость, но и смежные отрасли, такие как производство транспортных средств и инфраструктурное строительство, также создают множество рабочих мест. Поэтому эффективность ТЛС напрямую влияет на уровень занятости в стране.

Мировая торговля. Транспортно-логистическая система является мостом для мировой торговли. Развитая инфраструктура и эффективные логистические операции обеспечивают стране доступ к мировым рынкам, способствуя экспорту и импорту товаров. Это не только способствует росту национального ВВП, но и способствует укреплению международных торговых отношений.

Инфраструктурные инвестиции. Для обеспечения эффективной работы транспортно-логистической системы требуются значительные инвестиции в инфраструктуру. Строительство и обслуживание дорог, железнодорожных путей, портов, аэропортов и т.д. являются неотъемлемой частью обеспечения бесперебойной работы системы. Инвестиции в транспорт и логистику стимулируют строительный сектор, способствуя экономическому росту.

Устойчивость экономики. Транспортно-логистическая система также является важным элементом обеспечения устойчивости экономики. Равномерное распределение товаров и услуг по стране уменьшает зависимость от конкретных регионов и способствует равномерному развитию. Кроме того, эффективная ТЛС позволяет стране быстро адаптироваться к изменениям в мировой экономике и способствует быстрому восстановлению после кризисов.

Также при воздействиях логистики на экономический рост можно выделить три главных фактора: промышленность (включая общую и сельскохозяйственную), железнодорожный транспорт и экспорт. Так как, каждый фактор по особенному влияет на экономику страны, стоит разобрать их важность, географическую значимость.

Стоит отметить, что на мировом уровне железнодорожный транспорт в настоящее время занимает второе место по объему грузоперевозок и пассажирских перевозок после морского транспорта, при этом в Казахстане он занимает лидирующее положение. В настоящее время примерно 70% общего грузооборота в республике приходится на железнодорожный транспорт. Учитывая тот факт, что Казахстан не имеет выхода к океану, и обладает обширной территорией, этот вид транспорта остается основным для грузовых перевозок на длинные расстояния и пассажирских перевозок на короткие расстояния.[1]

После объявления независимости Республики Казахстан в 1991 году были созданы новые железнодорожные магистрали, такие как "Аксу – Дегелен", "Хромтау – Алтынсарин", "Шар – Усть-Каменогорск", "Узень – госграница с Туркменистаном" и "Жетыген – Коргаласы". Участки "Аксу – Дегелен" и "Хромтау – Алтынсарин" связали север страны с востоком и западом соответственно. Строительство участка "Шар – Усть-Каменогорск", начатое в 2005 году и завершенное в 2008 году, соединило Восточный Казахстан с Туркестано-Сибирской магистралью. До появления этого участка существовали трудности в

общении с другими областями страны, так как для достижения конечного пункта назначения приходилось дважды пересекать казахстанско-российскую границу в станции Локоть.[2]

По длине эксплуатируемых железных дорог Республика Казахстан занимает третье место в СНГ, уступая только Российской Федерации и Украине. На текущий момент эксплуатационная протяженность железных дорог составляет 16104 км, что включает в себя дороги других стран на территории Казахстана и дороги Казахстана, проходящие по территории других государств, и 15529 км без учета указанных путей, но устаревшая инфраструктура и недостаточные инвестиции в современные технологии могут становиться препятствием для эффективного функционирования железнодорожной системы.[2]

Использование алгоритмов машинного обучения для оптимизации маршрутов доставки и снижения времени в пути и адаптация к изменениям в реальном времени, с использованием алгоритмов адаптивного маршрутизатора дадут возможность выйти на новый уровень в перевозках.

Говоря о следующем факторе - промышленности в логистике, она играет ключевую роль в эффективном функционировании современных бизнес-процессов. Влияние промышленности на логистику огромно, и существует множество плюсов, которые она приносит.

Улучшение эффективности и оптимизация процессов: промышленные решения в логистике помогают оптимизировать все этапы поставок, начиная от производства и заканчивая доставкой конечным потребителям. Это позволяет снижать затраты, улучшать точность и ускорять весь цикл поставок.

Снижение времени доставки: промышленные инновации способствуют сокращению времени, необходимого для выполнения логистических операций. Это особенно важно в условиях растущей конкуренции и высоких требований к оперативной доставке товаров.

Снижение издержек и улучшение устойчивости: промышленные решения помогают снижать издержки на складирование, транспортировку и обработку заказов, что влияет на общую стоимость логистических операций.

Проблемой может стать большой объем товаров, перевозимых промышленностью. Перегруженность транспортной системы и возникновение логистических задержек. Для решения можно применить следующие методы, как оптимизация логистических сетей: проведение анализа текущей логистической инфраструктуры и выявление слабых мест. Разработка и внедрение оптимальных схем поставок, складирования и транспортировки товаров. Также интеграция технологий, то есть внедрение современных информационных технологий, таких как системы управления цепочками поставок (SCM) и системы отслеживания грузов. Применение технологий интернета вещей (IoT) для мониторинга и управления логистическими процессами.

Следом, стоит отметить следующий важный фактор, влияющий на экономику страны – экспорт и импорт в транспортной логистике.

Экспорт и импорт являются ключевыми компонентами транспортной

логистики, поскольку они определяют перемещение товаров между странами. В контексте транспортной логистики экспорт и импорт включают в себя различные этапы, начиная от складирования и подготовки грузов до выбора оптимальных транспортных маршрутов.

Некоторыми основными аспекты экспорта и импорта в транспортной логистике являются таможенные формальности и документация. Подготовка необходимых таможенных документов, таких как коммерческие счета, накладные, сертификаты происхождения и другие для экспорта. При импорте: обеспечение правильного заполнения и предоставления таможенных деклараций, уплаты таможенных пошлин и налогов.

Также, выбор оптимальных транспортных средств и маршрутов. Выбор наилучших способов транспортировки (морской, авиационной, железнодорожной, дорожной) в зависимости от типа груза, сроков поставки и бюджета. Оптимизация маршрутов и транспортных средств для обеспечения эффективной и своевременной доставки импортируемых товаров.

При управлении складами и складскими запасами, организация временного хранения товаров на складах до момента отправки и планирование приема и разгрузки грузов на складах в стране-импортере являются важными аспектами.

Трассировка и отслеживание грузов. Реализация систем трассировки для отслеживания местоположения груза в режиме реального времени в процессе экспорта. Внедрение систем отслеживания для контроля за перемещением груза от пункта импорта до конечного пункта назначения.

Под аспектом управления рисками и страхованием подразумевается оценка и управление различными рисками, связанными с транспортировкой, такими как утрата или повреждение груза, задержки в доставке, изменения валютных курсов и др. Также может включать в себя страхование груза.

Важно соблюдать все международные нормы и стандарты, установленные различными международными организациями, включая технические и безопасные стандарты. В сфере документации экспорта и импорта можно использовать технологии OCR для автоматического считывания информации из документов, таких как счета, контракты и накладные. Использование алгоритмов машинного обучения для выявления потенциальных рисков и нарушений в процессах экспорта и импорта.

В заключение, внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в сфере транспортно-логистической системы обещает стать ключевым двигателем для улучшения экономики страны. Мощь и эффективность ИИ в оптимизации процессов, анализе данных и принятии решений предоставляет значительный потенциал для современной логистики.

Экономические выгоды включают в себя повышение эффективности транспортно-логистических операций, снижение затрат на обслуживание, оптимизацию маршрутов и улучшение времени доставки. Эти факторы не только повышают конкурентоспособность компаний в мировом масштабе, но и способствуют общему росту производительности и эффективности экономики страны.

Автоматизация и оптимизация логистических процессов с использованием ИИ приводят к снижению операционных издержек, увеличению прозрачности и точности управленческих решений. Повышение качества логистических услуг и сокращение времени поставок содействуют укреплению деловой репутации страны на мировой арене.

Однако, для полноценной реализации потенциала ИИ в транспортно-логистической сфере необходимы инвестиции в образование, исследования и разработки, а также создание эффективной правовой базы. Безопасность данных и этические аспекты также требуют внимания и регулирования.

С учетом этих факторов, внедрение ИИ в транспортно-логистическую систему становится не только стратегическим шагом для бизнеса, но и важным фактором для обеспечения устойчивого роста экономики страны в условиях глобальных вызовов и динамичного развития мировой торговли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Балгабеков Т.К. Транспортные коридоры Казахстана: проблемы и перспективы // Труды БГТУ, научный журнал. – 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/> (был доступен 15 мая 2019 г.)
3. Балгабеков Т.К., Келисбеков А.К., Абетов Д.Б. О Транспортных коридорах Казахстана // Мир транспорта. – 2012. – №4. – С. 96–101.
4. Саипов А.А. Ауэзова З.Т. География индустриально-инновационного развития Казахстана (методическое пособие для учителей географии) Астана: ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. Мастер По, 2013. – 151 с
5. Гриффин Р., Пастей М. Международный бизнес. 4-е изд. М. : СПб. : Питер, 2016. 212 с.

УДК 669

Едильбаев Р.М. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

ВЛИЯНИЕ КАЛИЯ И НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ОБЖИГА СУЛЬФИДНЫХ ЦИНКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПЕЧАХ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Аннотация. Сульфидные цинковые концентраты являются основным компонентом для получения металлического цинка. В современной производственной практике показывает, что с каждым годом истощаются запасы легкообогатимых руд цветных и редких металлов, в том числе и цинковых, наблюдаемое во всем мире, в частности, в Казахстане (ТОО «Казцинк»), что является причиной по которой в процесс металлургической переработки приходится все больше вовлекать низкосортные сульфидные цинковые концентраты содержащие большие примеси, из-за которых тяжело перерабатывать их. Спрос на цинк возрастает. Цинк является одним из основных металлов, необходимых в современном экономическом развитии, цинк присутствует в любом транспортном средстве. Цинк – один из лучших компонентов для защиты от коррозии и входит в состав многих сплавов.

Ключевые слова: сульфат цинка, силикатная стеклофаза, кремнезем, оксидная масса, сульфидные концентраты, халькозин.

Обжиг сульфидных цинковых концентратов является важнейшим технологическим процессом в гидрометаллургии цинка. Но в настоящее время выработаны богатые месторождения цинковых концентратов и приходится вовлекать в переработку промпродукты и коллективные концентраты. В таких материалах, как правило, имеется много различных примесей. Наиболее распространенными примесями наряду с железом, медью и кремнеземом являются свинец, калий и натрий, которые находятся в форме галенита, ковелина, халькозина, халькопирита, пирита и пирротина. Влияние таких примесей в литературе описано противоречиво, что говорит о сложности явления и необходимости его дальнейшего изучения [1].

Существующая технология переработки цинковых концентратов в условиях ТОО «Казцинк» затрудняет переработку концентратов с содержанием Na+K больше 0,1%. Влияние калия и натрия на процесс обжига сульфидных цинковых концентратов в печах кипящего слоя обусловлена тем что существующая технология переработки цинковых концентратов в условиях ТОО «Казцинк» затрудняет переработку концентратов с содержанием Na+K больше 0,1% .

За последние годы содержание Na+K в базовых концентратах АГОК (Алтайский горно-обогатительный комбинат) и ЖГОК (Жайремский горно-обогатительный комбинат) существенно увеличилось, что в свою очередь наблюдается на работе печей «КС». Предполагается, что Na+K больше 0,1% оказывает влияние на другие примеси такие как Pb, Cu и SiO₂. Na+K являются связующими элементами в паре с данными примесями и негативно влияют на состояние кипящего слоя в печи КС. Ранее цинковый концентрат ГОК Алтай считался лучшим, при ухудшении состояния работы печей КС грузили 100% ГОК Алтай и тем самым стабилизировали работу печей. В Последние годы наблюдалось обратное, при увеличении доли ГОК Алтая происходило ухудшение работы печей КС.

При обжиге шихты цинковых концентратов образуется два типа спеков:

- пористые, белесые. Образуются в объеме слоя. Приближаются по химическому составу к огаркам. В качестве связки выступает оксид или сульфат свинца (влияния силикатов калия или натрия не обнаружено). По сути представляют собой частицы огарка, склеены между собой соединениями свинца;

- плотные, черные или темно-серые. Примыкают к стенкам установки. Обогащены железом, медью и свинцом, обеднены цинком и кремнеземом. Основу спеков формируют плотные крупные частицы оксидной массы общего состава Fe-Zn-O: от оксидов Fe до оксидов на основе Fe-Zn (ферриты Zn). Силикаты натрия и калия обнаружены незначительных количествах.

Механизм образования спеков первого типа. В объеме слоя, где присутствует явный избыток газообразного кислорода, происходит окисление сульфидных компонент концентрата и, в первую очередь, сфалерита. Это приводит к прямому образованию оксидов металлов и, в частности, цинка. Сульфид свинца (галенит), окисляясь, диффундирует к поверхности кипящих частиц, при температурах обжига плавится, смачивает поверхность частиц. При столкновениях таких частиц образуются агломераты, не поддерживаемые восходящим потоком дутьевых газов, что приводит к их осаждению и образованию спеков на подине печи. В результате содержание цинка (и железа) в таких спеках соответствует содержанию в концентрате и огарке [2].

Механизм образования спеков второго типа. У стенок печи скорость газа значительно меньше, чем в центральных участках кипящего слоя. Это проявляется в дефиците кислорода, что приводит к тому, что окисление сульфида цинка протекает в два этапа, через образование металлического цинка. При температурах обжига образующийся металлический цинк в значительной степени сублимирует и окисляется до оксида в объеме печи. В результате частицы, кипящие у стенок печи, обеднены цинком, но обогащены железом, окисление которого (пирита и пирротина) идет через образование оксисульфидных расплавов, имеющих эвтектическую температуру, равную 908°C. В таких условиях на поверхности частиц присутствует жидкая фаза, и они при столкновениях между собой и с более холодной стенкой печи образуют на ней спек или настыль.

Рассчитанное из газоаналитических кривых среднее содержание диоксида серы в отходящем газе промышленной печи составит $5,6 \pm 1,4\%$, соответственно.

Запыленность отходящего из печи газа в среднем составляет 149 ± 28 г/нм³.

Выход циклонной пыли от загрузки концентрата составляет $29,5 \pm 4,5$ %.

Работа печи КС без спеков при обжиге низкосортных цинковых концентратов на пониженных скоростях подачи дутья, достигающих 1600 м³/т концентрата возможна только при низких температурах обжига (менее 900°C). Для сохранения качества получаемых огарков (содержание остаточных сульфидов) необходимо увеличить содержание кислорода в дутьевых газах и их продолжительность нахождения в печи КС, что отрицательно скажется на производительности по обжигаемому концентрату.

Известно, что обжиг с применением хлоридов щелочных металлов широко

применяется в промышленности, но их влияние слабо изучено при обжиге цинковых сульфидных концентратов [1].

Для выяснения причин и следствий влияния соединений калия на параметры обжига в кипящем слое рассмотрим некоторые системы, которые он образует с наиболее заметными примесями в цинковом концентрате. В связи с этим в цинковый концентрат, имеющий прежний химический состав, добавляли соли калия – хлорид калия. Полученные смеси подвергались обжигу в лабораторной печи в течение 2 часов с при температуре 889,8–999°C, количество добавляемой соли рассчитывалось по содержанию металлической части.

В цинковый концентрат добавляли 0,02; 0,1; 0,5 и 1,0% хлорида калия. В результате исследования шлифов под микроскопом с увеличением 400 в пробах с добавками KCl произошли изменения в структуре (рис. 1–3).

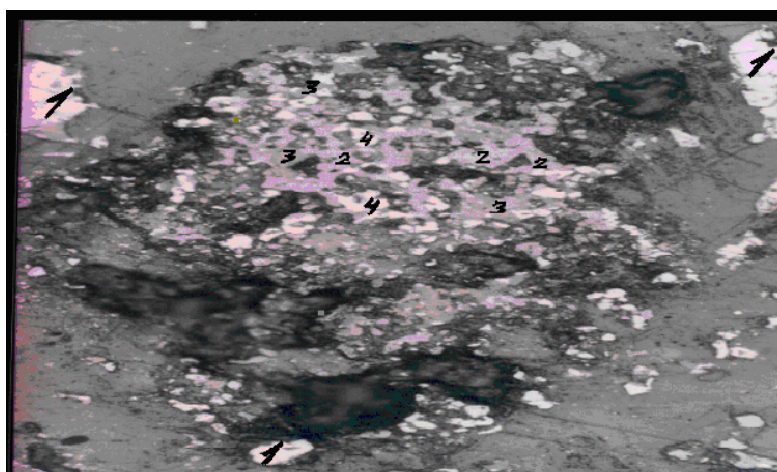


Рис. 1. Микрофотография огарка цинкового концентрата с добавкой 0,02% KCl.
1 – сфалерит ZnS ; 2 – оксид Zn (серое); 3 – силикатная стеклофаза; 4 – феррит Zn (светло-серое)

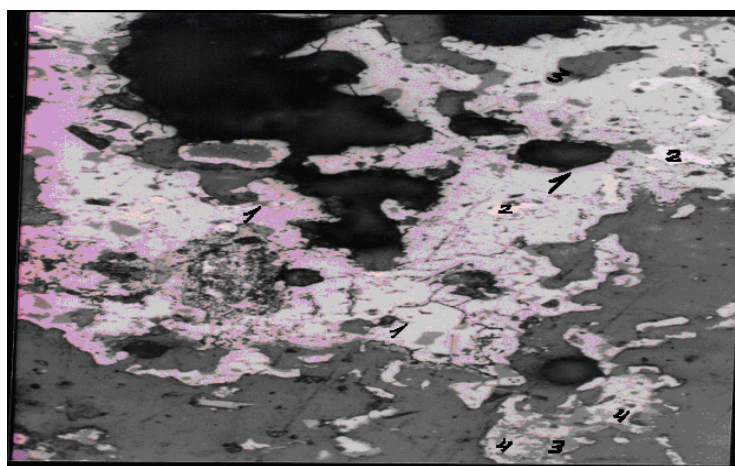


Рис. 2. Микрофотография огарка цинкового концентрата с добавкой 0,5% KCl.
1 – сфалерит ZnS ; 2 – халькозин Cu_2S ; 3 – оксид Zn (серое); 4 – феррит Zn (светло-серое); 5 – силикатная стеклофаза

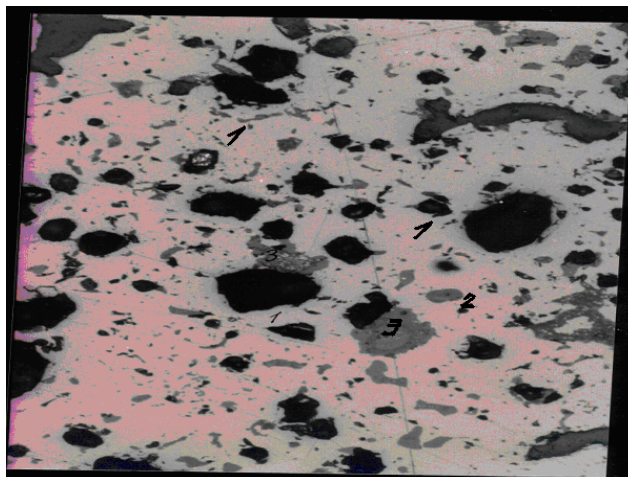


Рис. 3. Микрофотография огарка цинкового концентрата с добавкой 1,0% KCl.
1 – сфалерит ZnS ; 2 – халькозин Cu_2S ; 3 – силикатная стеклофаза

Из снимков можно констатировать, что с добавлением хлорида калия в цинковый концентрат во всех опытах отмечается наличие 50% сфалерита ZnS в виде спеков размерами от 2 до 3 мм в поперечнике. Очертания зерен сфалерита ZnS овальные, округлые. Наблюдаются сростки сфалерита ZnS с халькозином Cu_2S , реже с галенитом PbS . В промежутках зерен находится силикатная стеклофаза. Нередко в таких спеках идет образование цинкита ZnO и сульфата цинка ZnSO_4 как внутри спеков, так и на их поверхности в виде прерывистых корочек. В результате химическо-фазового анализа был определен состав огарка: цинкит ZnO , феррит цинка $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, сульфат цинка ZnSO_4 , силикатное стекло. Размеры частиц огарка достигают 1 мм. Соотношение фаз различное, не всегда присутствуют силикатная и сульфатная составляющие.

Присутствие солей калия в концентрате резко понижает скорость обжига и приводит к значительному укрупнению огарка. Так, в условиях интенсификации экономического развития большое значение имеет совершенствование процессов в таких базовых отраслях, как машиностроение, энергетика, металлургия и химическая промышленность. Выпуск цветных металлов, в частности цинка, влияет на состояние базовых отраслей. Кроме того, истощение богатых и легкодоступных месторождений вынуждает переходить к разработке месторождений с менее кондиционными рудами. Основные запасы сосредоточены на месторождениях, имеющих метаколлоидный характер, с большим количеством примесей. При обогащении таких руд невозможно получить концентрат высокого качества, и перед прикладной наукой встает задача найти режимы переработки этих концентратов. Поэтому процессы оксидирования имеют очень большое значение для металлургии. Также в настоящее время для переработки цинковых концентратов используются гидрометаллургические схемы, в которых процесс обжига играет ключевую задачу для подготовки сырья к выщелачиванию[1].

Таким образом, процесс обжига низкосортных цинковых сульфидных концентратов является сложным и недостаточно изучен. Примесь калия

оказывает влияние на десульфуризацию и скорость обжига при нахождении его в концентрате свыше 1,0%. На качество огарка влияют и другие примеси, поэтому для выяснения этого механизма необходимо продолжить теоретические и экспериментальные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Комков Н.М., Кокаева Г.А. Влияние солей калия на качество продуктов обжига низкосортных цинковых сульфидных концентратов. Усть-Каменогорск.
2. Комков Н.М., Луганов В.А. Особенности обжига цинковых сульфидных концентратов с повышенным содержанием примесей. Усть-Каменогорск: Техцентр УК, 2005. 360 с.
3. Комков Н.М., Луганов В.А. Обжиг сульфидных цинковых концентратов. – Усть-Каменогорск: ТЕХЦЕНТР. 2004. - 389 с.
4. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграммы состояние силикатных систем: Справочник. Л., 1965. 545 с.

УДК 669

Енсебаева К.Б. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА КАВИТАЦИИ ПРИ РАСКРЫТИИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Аннотация. В статье проводится обзор и анализ теоретических и практических основ процесса выщелачивания упорных золотосодержащих руд и концентратов принимая во внимание современные методы переработки с применением новых технологий. Рассмотрены проблемы и методы оптимизации процесса выщелачивания упорных золотосодержащих материалов. Приводятся сравнительные результаты лабораторных работ цианидного выщелачивания упорного золотосодержащего концентрата с предварительным окислением на основе процесса кавитации. Практическая значимость работы – определение возможности совершенствования схемы переработки упорного золотосодержащего сырья с повышением извлечения золота и увеличением экономической рентабельности.

Ключевые слова: золото, выщелачивание, кавитация, окисление, упорность.

Производство благородных металлов имеет отличительную особенность от других производств масштабом и ликвидностью. Среди благородных металлов особую важность имеет золото, которое применяется не только в ювелирном деле, но и в новых технологических процессах (медицина, наука, промышленность, микроэлектроника и другое), в государственных резервах, в процессе накопления для материализации ценностей.

Балансовые запасы золота Казахстана на начало 2022 года составляют 2,3 тысяч тонн, из которых 75% находятся в эксплуатации. Масштабы месторождений различны, подавляющее количество золота сконцентрировано на 69 месторождениях с запасами 5 тонн и более. По состоянию на начало 2018 года недропользование на золото осуществляется на 204 объектах, из них на 130 ведутся разведочные работы, на 38 – совмещенная разведка и добыча, на 36 месторождениях осуществляется добыча.

Рост объемов продаж золота на мировом рынке свидетельствует о постепенной стабильности производства в Казахстане. По статистическим данным до 1998 года динамика была отрицательной, с 1999 года отмечено увеличение добычи. В Казахстане себестоимость добычи руды относительно высока. Это объясняется тем, что золотосодержащие месторождения характеризуются сложными горно-геологическими условиями, то есть значительная глубина залегания рудных тел, высокая трещиноватость, водонасыщенность рудовмещающих комплексов и другое. На некоторых значимых месторождениях (Большевик, Кулуджан, Бакырчик) золото концентрируется в «упорных» рудах, содержащие вредные примеси, (медь, мышьяк, углерод) усложняющие процессы их переработки. Присутствие примесей не только затрудняет технологию обогащения руд и переработки концентратов, но и требует дополнительных затрат на их складирование с соблюдением экологических требований. Руды в которых содержится частицы золота тесно ассоциирующейся с кварцем и сульфидами, золото покрытое пленкой гидротированных окислов железа (затрудняет растворение золота в

цианидном растворе) или имеющие в наличии минералы медленно растворяющиеся в цианидах (теллуриды, кавалерит, сальванит), минералы значительно поглощающие цианиды и кислород (пирротин), элементы которые приводят к образованию пленок на золотилах (медистые, сурьмянистые, углистые, глинистые руды) являются упорными для процесса цианирования.

В последние годы в связи с вовлечением в переработку сложных сульфидных золотосодержащих руд во многих исследовательских институтах рассматриваются и исследуются различные рациональные методы извлечения драгоценных металлов из упорных золотосодержащих руд и концентратов. К современным методам для вскрытия упорного золота в рудах и концентратах можно отнести окислительный или сульфатизирующий обжиг, автоклавное выщелачивание, технологию сверхтонкого измельчения, бактериальное выщелачивание, технологию «Альбион», «Leachox» и многое другое.

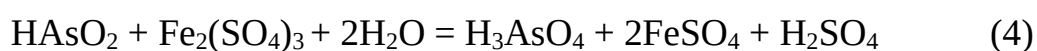
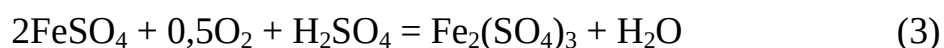
Метод окислительного обжига позволяет получить извлечение золота на уровне 80-90% при переработке упорных золотосодержащих руд и концентратов. К недостаткам данной технологии относится: высокое содержание токсичных веществ в отходящих газах, что связано с содержанием мышьяка, сурьмы и ртути и других элементов в перерабатываемом материале; спекание частиц, которые снижают извлечение золота и приводят к высоким капитальным затратам.

Биовыщелачивание или бактериальное выщелачивание одно из новых технологий переработки упорных золотосодержащих концентратов и руд. При применении данной технологии извлечение золота может достигать 95%. В данном методе применяются безвредные для людей тионовые бактерии, которые питаются минералами. Процесс окисления протекает при температурах от 30 до 50°C с поддержанием определенного значения pH. Недостатком технологии является образование элементной серы, что приводит к увеличению расхода цианида при выщелачивании и снижает интенсивность процесса.

Технология автоклавного окисления протекает под высоким значением температуры и давления. При применении данного метода для переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов извлечение может достигать 97-99%. Автоклавное выщелачивание отличается высокой интенсивностью и отсутствием образования элементной серы. Однако переработка сульфидных золотосодержащих руд содержащие сорбционно-активные углеродистые вещества требует тщательного подхода к выбору параметров вскрытия и выщелачивания.

Процесс переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов «Leachox» по сравнению с методами автоклавного окисления или биовыщелачивания, характеризуется более низким уровнем извлечения золота и составляет от 80 до 90%. Технология отличается тем, что не требует создания и поддержания агрессивной высокотемпературной среды. Процесс состоит из следующих операций, в которых требуется специализированное оборудование: пневматическая флотация с получением высококачественного концентрата, вскрытие драгоценного металла из концентрата ультратонким измельчением в бисерных мельницах, окисление измельченного флотоконцентрата в реакторах «Aachen», выщелачивание в колоннах.

Процесс «Альбион» представляет простую технологию, которая состоит из ультратонкого измельчения в бисерных мельницах и окислительного выщелачивания в чанах при атмосферном давлении. Во время выщелачивания в чаны подается технически чистый кислород, что приводит к активному протеканию химических реакций и нагреву пульпы. Во время выщелачивания основные реакции окисления сульфидных минералов описываются следующими уравнениями:



При применении технологии «Альбион» для переработки упорных золотосодержащих руд извлечение золота составляет 90-95%. Недостатком технологии является: низкая скорость процесса и образование элементной серы.

Исходя из рассмотренных методов переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов, в каждом из них применяется специализированное оборудование или ресурс для оптимизации технологии, которое основано на определенном процессе, что дает возможность упростить и идентифицировать, модернизировать.

Одним из перспективных и наиболее интересных способов оптимизации процесса выщелачивания упорного золота является технология с применением специальных реакторов для окисления сульфидов в пульпе. Особенность данных реакторов заключается в их конструкции дающую возможность не только насытить пульпу кислородом, но и возникновению процесса кавитации. При прохождении пульпы через реактор за счет возникновения кавитации происходит разрушение кристаллической решетки, то есть дополнительное раскрытие сростков минералов и обновление поверхности частиц, что увеличивает интенсивность процесса окисления.

В реакторах кислород подается через диспергаторы, в виде очень мелких пузырьков, которые адсорбируются на поверхностях твердых частиц. При прохождении пульпы через реактор, частицы с кавитационными пузырьками проходят зоны, где давление резко снижается и затем нормализуется. Данные зоны приводят к деформированию кавитационных пузырьков и к их захлопыванию с высвобождением большого количества энергии, или к возникновению ударных волн. То есть в зоне кавитации, возникает и захлопывается огромное количество пузырьков, где частицы минералов попадают под воздействие множество повторяющиеся импульсов механического напряжения, которые приводят к разрушению данных частиц или пленок, образуемых на поверхности извлекаемых металлов.

Для определения влияния реакторов на процесс выщелачивания упорного золотосодержащего концентрата, приведены результаты лабораторных исследований. Исходным продуктом в исследованиях является проба флотационного концентрата с содержанием золота 22,9 г/т и серебра 20,4 г/т. Также проба характеризуется высоким содержанием железа – 34,3%, мышьяка – 12,5%, серой – 35,55% (33,73% пиритная сера) и незначительным содержанием порообразующих минералов – 10,5%, цветных металлов (Cu, Pb, Zn) – 3,14%, углерода – 0,69%.

В пробе золотосодержащего концентрата частицы золота на 94% представлены сростками, в виде: ультра – тонкодисперсного золота в тонких и крупных частицах пирита; тончайших включений в микропустотах вкраплений пирита, арсенопирита; ультра-тонкодисперсного золота в тонких частицах кварца; тонкодисперсных включений в каемках скородита по арсенопириту.

В лабораторных опытах исходный продукт перед окислительной обработкой в реакторе был измельчен до 90% класса 3 микрон. В таблице 1 представлены сравнительные показатели переработки упорного золотосодержащего концентрата с окислительной обработкой в лабораторном реакторе в течение 4, 8 часов и без обработки.

Таблица 1 – Результаты лабораторных опытов по сорбционному цианированию упорного золотосодержащего концентрата (режим цианирования: продолжительность выщелачивания – 48ч; pH пульпы – 10,5; содержание твердого в пульпе 30-33%, концентрация цианистого натрия – 0,15%, количество загружаемого сорбента (активированного угля) – 8% от объема пульпы)

Крупность концентрата, мкм	Время окисления в реакторе, ч	Содержание, г/т		Извлечение, %		Расход реагента, кг/т		
		Au	Ag	Au	Ag	NaCN		CaO
						полный	с учетом остатка	
90% - 3 микрон	0	22,9	20,4	16,16	80,88	23,64	21,30	21,4
	4			27,95	86,27	28,29	25,84	23,2
	8			51,97	91,42	43,75	37,67	27,8

По представленным результатам лабораторных исследований можно отметить, что применение реактора и увеличение времени окисления пульпы увеличивает извлечение золота от 16,16 до 51,97%.

Исходя из вышеизложенной информации, применение данной технологии для переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов может увеличить извлечение золота, тем самым улучшая технологические показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Металлургия благородных металлов: Учебник. В2-х кн.

Кн.1/Ю.А.Котляр, М.А.Меретуков, Л.С. Стрижко – М.: МИСИС, Издательский дом «Руда и Металлы», 2005. – 392 с.

2. Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов, М., Недра, 1968.

3. Thiosulfate leaching for gold hydrometallurgy / C. Abruzzese, P. Fornari, R. Massidda, F. Vegliò, S. Ubaldini // Hydrometallurgy. – 1995. – № 39. – P. 265–276.

4. Miller P., Brown A. Bacterial oxidation of refractory gold concentrates // Developments in Mineral Processing. – 2005. – № 15. – P. 371–402.

5. Miller J. D., Wan R.-Y., Díaz X. Preg-robbing gold ores // Gold Ore Processing. – 2016. – V. 15 – P. 885–907.

6. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы/Под ред. Ю.А. Карпова.-М: Гиналмаззолото, 1996.-290с.

7. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра.М.: МИСиС,2001.-336с.

8. Меретуков М.А., Орлов А.М. Металлургия благородных металлов: Зарубежный опыт.-М.:Металлургия, 1990.-416с.

УДК 62-233.2

Еріков Н.Е. (22-МТТ-2т, ВКТУ), Муздыбаев М.С. (к.т.н., ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ ПОДШИПНИКОВ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ РЕСТАВРАЦИИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. *Значительное влияние на долговечность автомобильной техники оказывает состояние подшипниковых узлов опор качения, режимы, работы которых характеризуются специфическими условиями эксплуатации и ремонта. В соответствии с этим перед ремонтным производством ставится задача улучшения качества восстановления посадочных мест под подшипниковые узлы, обеспечивающие работоспособность и долговечность автомобиля. Способ восстановления должен обеспечить высокую надежность и долговечность отремонтированных конструктивных элементов автомобилей при эксплуатации в тяжёлых транспортных режимах при неравномерных нагрузках и воздействии неблагоприятных климатических условий. Решающее значение при этом приобретает использование полимерных материалов и композиций на их основе.*

Ключевые слова: полимер, подшипник, посадочное место.

Введение. Повышение эффективности использования автотранспортной техники в условиях эксплуатации является важнейшей экономической проблемой. Для решения этой проблемы необходимо разработать новые конструкционные материалы и технологические процессы ремонта автомобилей в условиях эксплуатации.

Разработка состава полимерного композиционного материала позволяет получить покрытия повреждённых поверхностей деталей автомобиля с заранее заданными свойствами. Разработанный процесс нанесения полимерного слоя на изношенные поверхности легко поддается механизации и автоматизации, обеспечивает безотходную технологию; поверхности, покрытые полимерами, не подвергаются коррозии, могут эксплуатироваться в тяжёлых динамических режимах работы в агрессивных средах.

Актуальность. Одной из основных задач в автомобилестроении является повышение надежности (долговечности и безотказности) конструктивных элементов. Повышение эффективности использования автотранспортной техники в условиях эксплуатации является важнейшей экономической проблемой. Для решения этой проблемы необходимо разработать новые конструкционные материалы и технологические процессы ремонта автомобилей в условиях эксплуатации. Значительное влияние на долговечность автомобильной техники оказывает состояние подшипниковых узлов опор качения, режимы, работы которых характеризуются специфическими условиями эксплуатации и ремонта. В соответствии с этим перед ремонтным производством ставится задача улучшения качества восстановления посадочных мест под подшипниковые узлы, обеспечивающие работоспособность и долговечность автомобиля.

Цель исследования. Целью является разработка эффективной технологии восстановления посадочных мест под подшипники автомобилей с применением новых способов восстановления и перспективных полимерных композиционных материалов.

Задачи исследования:

1. Определить причины отказов и их влияние на долговечность подшипниковых узлов автотранспортной техники.
2. Произвести анализ долговечности полимерных материалов и смоделировать процессы усталостного разрушения поверхностей подшипниковых узлов, восстановленных полимерными композиционными материалами.
3. Произвести оптимизацию состава ремонтной порошковой композиции
4. Исследовать адгезионную составляющую прочности новых полимерных композиционных материалов при формировании покрытий изношенных мест подшипниковых узлов автомобильной техники.
5. Определить влияние технологических режимов на физико-механические свойства покрытий из разработанной ремонтной порошковой композиции.
6. Исследовать работоспособность подшипниковых узлов автомобилей, восстановленных с применением новой технологии и разработанных полимерных композиционных материалов.
7. Разработать технологический процесс нанесения нового полимерного материала на изношенные поверхности подшипниковых узлов автомобилей.
8. Оценить технико-экономическую эффективность восстановления изношенных мест подшипниковых узлов автомобильной техники новой порошковой композицией в совмещенном электростатическом и ультразвуковом поле.

Научная новизна:

1. Получены зависимости, позволяющие оценить влияние наполнителей полимерной композиции на физико-механические свойства покрытий восстановленных посадочных мест подшипниковых узлов.
2. Объяснен механизм образования адгезионного соединения полимерных систем сформированными из порошкообразных композиций.

Практическая значимость:

1. Предложена установка для нанесения порошковой композиции.
2. Определены оптимальные технологические режимы формирования покрытий из разработанной композиции.
3. Предложена технология восстановления посадочных мест подшипниковых узлов автомобилей, восстановленных новыми порошковыми композициями.

Объект исследования. Нарботка до отказа подшипниковых узлов опор качения зависит от посадки наружного кольца в сопряжении корпусных деталей и на осях сопряжений внутреннего кольца подшипника.

Факторы, влияющие на долговечность подшипникового узла, можно условно разделить на две группы:

- эксплуатационные;
- конструкторско-технологические.

Классификация факторов, влияющих на долговечность подшипникового узла приведена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Классификация причин, приводящих к снижению долговечности подшипников качения

К конструктивно-технологическим факторам, влияющим на долговечность подшипникового узла можно отнести:

- технологию изготовления;
- совершенство конструкции.

К эксплуатационным факторам, влияющим на долговечность подшипникового узла можно отнести:

- соблюдение правил эксплуатации;
- соблюдение системы планово-предупредительных ТО и ремонтов.

Несоблюдение системы ППР в части смазочно-заправочных работ, увеличение пробегов до замены фильтрующих элементов и несвоевременная регулировка опор качения, перегреву подшипниковых узлов, изменению физико- механических свойств масел и как следствие резкому увеличению износа подшипникового узла.

Наиболее подробный и глубокий анализ способов восстановления посадочных мест подшипниковых узлов качения представлен в работе [6].

Большинство способов восстановления посадочных мест подшипниковых узлов имеют общие недостатки:

- потребность в дорогостоящем технологическом оборудовании;
- сложность технологического процесса;
- необходимость механических воздействий на восстановленные детали;



Рисунок 1.2 – Классификация способов восстановления посадочных мест подшипниковых узлов качения

Наиболее массовое использование при восстановлении посадочных мест подшипниковых узлов получили эпоксидные полимеры и композиции на их основе, которые приготавливают на основе эпоксидных олигомеров и отвердителей. В качестве составных элементов композиции используются наполнители (стекольная мука, железный порошок, алюминиевая пудра и др.) и пластификаторы (дибутилфталат, диоктилфталат и др.) [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зорин В.А. Повышение долговечности дорожно-строительных

машин путём совершенствования системы технического обслуживания и ремонта: Дисс. докт. техн. наук. Москва. 1998. 411 с.

2. Белый В.А. и др. Трение и износ материалов на основе полимеров. МН: Наука и техника, 1976. 432 с.

3. Беркович М.С. Исследование и повышение долговечности подшипниковых узлов тракторных трансмиссий: Дисс. канд. техн. наук. Москва. 1972. 130 с.

4. В.В.Березткова Курчаткин В.В. Восстановление посадочных мест подшипников полимерными материалами. М: Высшая школа, 1983. 80 с.

5. Голего Н.Л. Физико-химическая механика контактного взаимодействия и фреттинг-коррозия // Физико-химическая механика фреттинг-коррозии., 1973. С. 4-5.

6. Курчаткин В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: Дисс. доктора техн. наук. Москва. 1989. 407 с.

7. В.Н.Кестельмана Масино М.А. Исследование износов и методика определения коэффициентов восстановления корпусных деталей автомобилей. // Автомобильная промышленность. 1973. № 8. С. 19-22.

8. Ли Р.И. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: Дисс. докт. техн. наук. Москва. 2001. 340 с.

9. Юшков В.В. Восстановление посадочных мест подшипников качения анаэробными материалами // Применение анаэробных материалов при сборке и ремонте автотранспортных средств: Информ. карта №218-87-85. Устинов. 1985. С. 10-15.

10. Баскаков В.Н. Долговечность неподвижных соединений сельскохозяйственных тракторов и пути ее повышения: дисс. канд. техн. наук. Москва. 1986. 201 с.

11. Купреев М.П. Повышение долговечности соединений подшипниковых узлов отремантированной сельскохозяйственной техники: дисс. канд. техн. наук. Москва. 1988. 212 с.

12. Карапатницкий А.М. Исследование несущей способности анаэробных клеев в цилиндрических соединениях // тракторы и сельскохозяйственные машины. 1989. Т. 2. С. 27-30.

13. Аязбаев М.Д. Долговечность неподвижных соединений типа вал-подшипник качения, восстановленных герметиком 6Ф в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий: дисс. канд. техн. наук. Москва. 1984. 193 с.

УДК 622.765

Жакупова Г.Б. (ВКТУ), Реутова Г.А. (к.т.н., ВКТУ)

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ РУДОПОДГОТОВКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПРИЛОЖЕНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ В РАЗВИТИИ ИИ МОДЕЛИ Open AI ChatGPT

Аннотация. Представлен обзор и анализ действующих инновационных и перспективных комбинированных технологий рудоподготовки (процессов дробления и измельчения) минерального сырья, связанных с выбором последующих способов обогащения и применением современных моделей искусственного интеллекта (ИИ). Предложены научные результаты рудоподготовки, которые могут составить базу данных для нейросетевых моделей OpenAI ChatGPT, применяемых в технологиях обогащения минерального сырья.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, OpenAI ChatGPT, рудоподготовка, дробление, измельчение, сетевой анализ, энергопотребление.

Основной целью обогатительной науки и практики является оптимальное использование минерально-сырьевых ресурсов и максимальное извлечение ценных компонентов из руд. Усилия специалистов-обогащателей направлены на разработку и усовершенствование процессов обогащения полезных ископаемых и обогатительного производства с применением современных моделей управления. Ухудшение качества минерального сырья и вовлечение в переработку труднообогатимых и тонко-вкрапленных руд требуют использования комбинированных технологических схем на обогатительных фабриках с применением современных моделей искусственного интеллекта (ИИ). Использование нейросетевой модели Open AI ChatGPT и аналогов возможно при обеспечении базы данных значимых факторов для расчета исходного состава руды, исходной пульпы, выбора реагентов, реакции среды в процессе обогащения.

Добыча и обогащение цветных металлов представляют собой одну из ключевых отраслей промышленности в Казахстане. Процесс разрушения горных пород, составляющих земную кору, и добычи руд является основной деятельностью человека. Динамика изменения качества добываемых руд цветных и черных металлов указывает уменьшение содержания в них извлекаемых ценных компонентов как в мировой практике, так и в практике месторождений РК, в частности, на примере Риддерской обогатительной фабрики, которая специализируется на переработке сульфидной руды из месторождения Риддер-Сокольное.

Обзор и анализ проблем действующих технологий обогащения позволили выделить основные причины затратной части технологии. Известно, что предварительное измельчение руд перед процессами обогащения или металлургической переработкой является самой затратной и трудоемкой технологической операцией. Включение в процесс обогащения мелкодисперсных руд и металлургических продуктов увеличивает требования к их степени измельчения, что приводит к повышению затрат на измельчение.

Основные причины:

- сложность дробления очень твердых полиметаллических руд с высоким содержанием пустых породных шламов (серицита, хлорита);
- низкое содержание сульфидов цветных металлов, равномерно распределенных в материале;
- низкая производительность на исходной руде с высоким содержанием глинистых соединений;
- чувствительности к гранулометрическому составу исходной руды;
- негативное воздействие гидрооксидов железа, образующихся при влажном измельчении в шаровых мельницах, на последующие процессы обогащения;
- высокая стоимость переработки шламов и низкосодержащих по ценным компонентам комплексных руд.

В январе-апреле 2023 года объём инвестиций в горнодобывающую промышленность Казахстана увеличился на 17,3% относительно аналогичного периода прошлого года. Добывающие предприятия республики за отчётный период также показали положительную динамику производства. Объём продукции, полученной за 4 месяца, увеличился на 2% в сравнении с прошлогодним показателем. [1]

По мнению нескольких экспертов, процессы рудоподготовки, такие как дробление и измельчение, участвуют в расходе энергии, составляющем не менее 10 % от общего объема мировых энергетических затрат. При разработке и обогащении руды этот технологический процесс требует вложений в размере 65-70 % от общего капитального бюджета, а эксплуатационные расходы могут достигать до 80 % от общих затрат на горные работы, транспортировку и обогащение руды.

С увеличением объема обработки и обогащения все менее содержательных руд в условиях постоянного роста цен на энергетические ресурсы, необходимо учитывать мировой опыт для обеспечения или, по крайней мере, сохранения прибыльности и конкурентоспособности горно-обогатительных и металлургических предприятий. Этот опыт развивается в нескольких ключевых направлениях:

- применение циклично-поточной технологии (ЦПТ) в сочетании со взрывной отбойкой и снижения затрат на горнотранспортные работы и уменьшения крупности исходной руды при отработке месторождений открытым способом (особенно в карьерах глубиной более 400-500 м);
- применение полусамоизмелчения (ПСИ) руд в сочетании с предварительным дроблением части питания мельниц самоизмельчения (СИ) или додрабливанием материала критической крупности; в перечне обогатительных фабрик, построенных за последние 15-20 лет, нет предприятий, применяющих стандартную технологию рудоподготовки;
- интенсификация дробления и измельчения на действующих предприятиях путем внедрения дробилок новых конструкций с целью кратного снижения крупности дробленого продукта перед измельчением.

Практика рудоподготовки показала, что тонкое измельчение твердых

вкрапленных руд перед процессами первичной переработки (обогащения) самая трудоемкая и энергоемкая операция.

На различных обогатительных фабриках в процессе подготовки руды перед обогатительными процессами, согласно различным оценкам, используется от 5 до 20% общего объема потребляемой электроэнергии [1].

Доля процессов измельчения составляет 50-70% от общих капитальных и эксплуатационных расходов горнодобывающих предприятий [2]. Основной причиной этого является преобладание традиционных барабанных мельниц, которые характеризуются недостаточной металлоемкостью, эффективностью, удельной производительностью, а также требуют больших площадей и объемов производственных помещений, а также увеличенного расхода измельчающих тел и футеровок.

Попытки улучшить ситуацию путем увеличения размеров мельниц часто не приносят ожидаемых результатов, особенно из-за усложнения систем привода. Важным становится поиск новых подходов к экономии ресурсов, методов интенсификации и повышения эффективности процессов измельчения, а также разработка нового оборудования с минимизацией затрат [3].

На данный момент считают, что мельницы самоизмельчения и полусамозмельчения представляют собой универсальные решения, заменяющие вторую и третью стадии дробления. Однако практика работы многих фабрик, обрабатывающих прочные руды, уже сегодня опровергает эту теорию. На таких предприятиях эти мельницы оснащены дробилками для предварительного дробления сырья и последующего измельчения фракций "критической" крупности с целью снижения энергопотребления полусамозмельчения [4].

Таким образом, преимущества так называемой "короткой" схемы рудоподготовки смягчаются из-за ее сложности. Кроме того, происходившие аварии кольцевых приводов, применяемых на крупных мельницах AS/SAG, подвергают сомнению их надежность, а, следовательно, целесообразность дальнейшего увеличения их размеров [5].

Появление на рынке оборудования в конце прошлого века, такого как измельчающие валки высокого давления (ИВВД), привнесло новые возможности в области обработки материалов. Эти технологии способны обеспечить получение тонкого питания для мельниц, что осуществляет принцип переноса процесса дробления на стадию дезинтеграции. Эффективность такого подхода значительно превышает обычные методы измельчения и даже полусамозмельчение (см. Рисунок 1). Это вновь оживило стадийную схему дробления и придало ей новую жизнь в проектах современных фабрик.

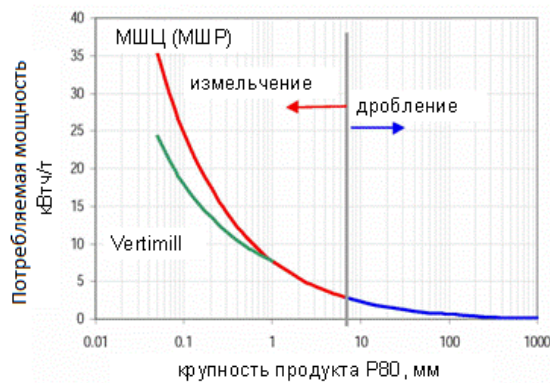


Рисунок 1 – Сравнение энергетического потенциала процессов дробления, шарового измельчения в барабанных и вертикальных мельницах

Еще недавно считалось невыгодным и технически сложным добиться того, чтобы крупность питания для шаровых мельниц составляла 10-0 мм при использовании трехступенчатого дробления в конических дробилках. Однако с появлением измельчающих валков высокого давления (ИВВД) крупность 3-4 мм уже не является недостижимой целью, а становится реальностью.

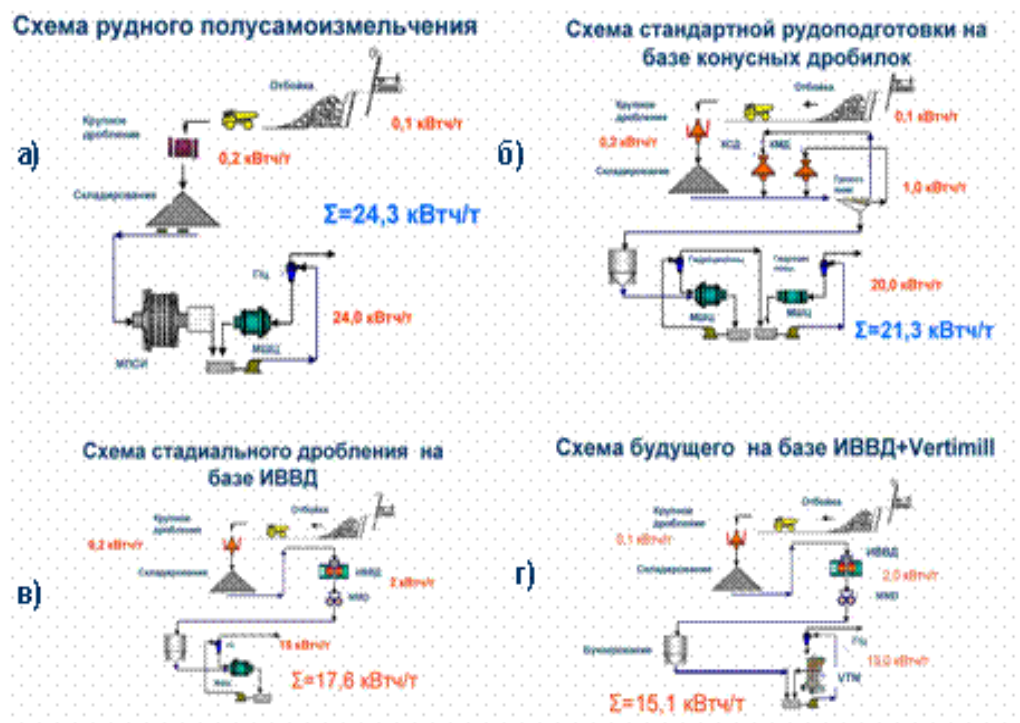


Рисунок 2 – Схемы рудоподготовки

На рисунке 2 представлены энергетические показатели существующей и перспективной схемы рудоподготовки при среднем помоле медной руды с размером частиц $P_{80}=200$ микрон [1].

При оценке состояния и перспектив мирового энергопотребления, включая возобновляемые источники, близкие к исчерпанию согласно прогнозу Мирового

института прикладного системного анализа (IIASA) из Вены, что подтверждается на диаграмме на рисунке 3, можно с уверенностью утверждать, что научно-технический прогресс в области дезинтеграции минерального сырья будет продолжать развиваться.

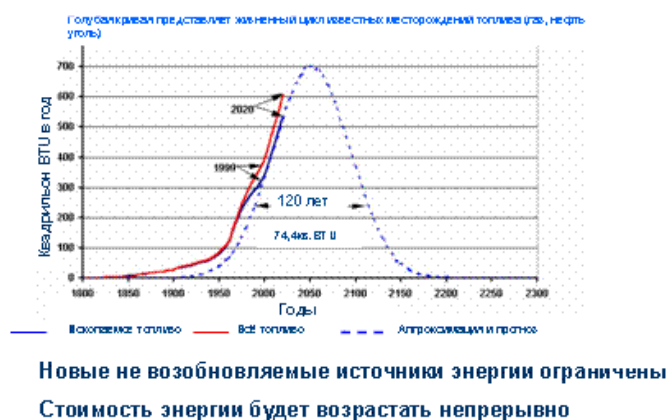


Рисунок 3 – Рост мирового потребления энергии

При сравнении представленных анализов не только с точки зрения энергопотребления, но и с учетом воздействия на окружающую среду, легко предположить, что во многих случаях будет отказ от использования энергоемкого процесса полусамоизмельчения руды. Вместо этого будет осуществлен переход к стадийному дроблению и измельчению с использованием пресс-валковых дробилок, что нашло подтверждение в практике проектирования и строительства зарубежных фабрик в последние годы. На каждой стадии рудоподготовки (рис.2) в развитии успешного использования в международной инженерии моделей искусственного интеллекта как потенциального объекта управления результаты анализа перспективных направлений могут быть использованы как параметры базы данных для нейросетевой модели Open AI ChatGPT.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. <https://dprom.kz/novosti/eenvyesteetseee-v-dobivayushuyu-otrasl-rk-virosle/>
2. Слепцова Н.А., Кузнецов Н.М. Анализ мощности шаровой мельницы // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум», 2024
3. <https://dprom.kz/pererabotka/rynok-melnits-tsentralnoj-azii-v-ozhidanii-novyh-proektov/?ysclid=ltqup408nh671156385>
4. SAG 2001 Mining University of B.C.S. Morell & W. Walry. JKMRC, Ises Road Indooroopilly, Old 4068, Australia INFLUENCE OF FEED SIZE ON AG/SAG MILL PERFORMANCE
5. Evolution of SAG Mill Liner Design and Milling Performance, 1998 to 2001. International Autogenous and Semiautogenous Grinding Technology / Proceedings of SAG conference Held in Vancouver, B.C., October 6-9, 2001, Vol.3, p. 270-287

УДК 517.2(574)

Жанузаков А.М. (23-МК-1, ВКТУ), Мухамедова Р.О.(старший преподаватель, ВКТУ), Қыдырханқызы А. (преподаватель, ВКТУ)

ИНТУИЦИЯ ИНТЕГРАЛОВ И ПОЧЕМУ ОНИ ЯВЛЯЮТСЯ ОБРАТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ

Аннотация. В данной статье рассматривается интуиция интегралов и их связь с обратными производными. В основе изложения лежит представление интеграла как площади под кривой и суммы бесконечно малых величин, представленных в виде предела суммы. Обсуждается ключевое понимание интеграла как операции, обратной дифференцированию, с акцентом на определенный и неопределенный интегралы. Интеграл и дифференциал взаимосвязаны как обратные операции. Рассматриваются задачи прикладного характера, а также фундаментальная теорема исчисления. Статья помогает понять суть интегралов и их значимость в математике и прикладных науках.

Ключевые слова: интуиция интегралов, интервал, площадь под кривой, основная теорема исчисления, первообразная.

Практический аспект преподавания математики имеет большую важность, чем, казалось бы. Использование задач с приложениями реального мира, известных как прикладные задачи, является основным методом укрепления этой практической ориентации в обучении. При изучении интегралов и первообразных демонстрация их значимости в различных научных областях может повысить мотивацию студентов к тщательному изучению этого сегмента математического анализа. В данной статье мы поговорим об интегралах и почему они являются обратными производными. Мы сосредоточимся на одном интересном примере.

Представьте, что вы сидите в машине и ничего не видите из окна, вы видите только спидометр. В какой-то момент автомобиль начинает двигаться, набирает скорость, а затем снова замедляется и останавливается в течение 8 секунд. Вопрос в том, есть ли хороший способ определить, какое расстояние вы проехали за это время, основываясь только на показаниях спидометра? Или, еще лучше, можете ли вы найти функцию расстояния s от t , которая показывает, какое расстояние вы проехали за заданный промежуток времени t где-то между 0 и 8 секундами [1]?

Для начала мы запишем скорость каждую секунду и построим график изменения времени на рисунке 1.

Следовательно, в контексте нашей текущей ситуации, когда доступной информацией является лишь скорость, имеет смысл искать связь между этой скоростью и пройденным расстоянием. Функция времени сведется к вопросу, какая функция имеет производную $t(8 - t)$. Это часто описывается как поиск первообразной функции. Но для начала мы остановимся на том, чтобы показать, как этот вопрос связан с поиском области, ограниченной графиком скорости, потому что это помогает построить интуицию для целого класса задач, называемых интегральными задачами в математике. Заметьте, что этот вопрос

был бы намного проще, если бы машина просто двигалась с постоянной скоростью.

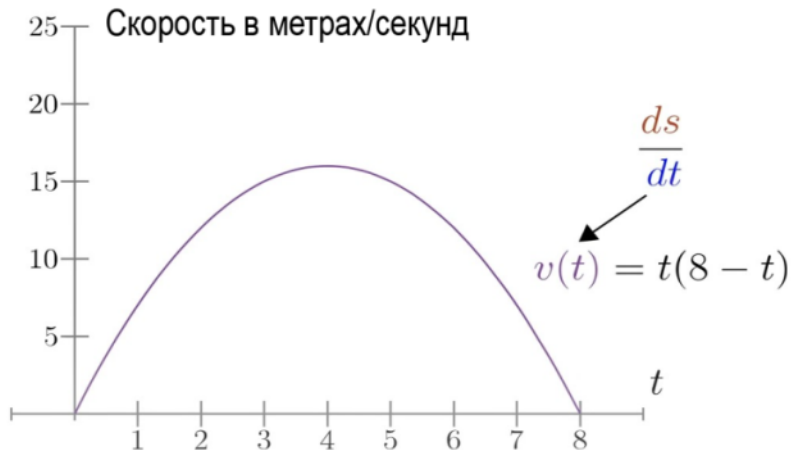


Рисунок 1 - График изменения времени

Из графика следует, что представленная функция предназначена для моделирования скорости в зависимости от времени в метрах в секунду.

$$s(t) = t(8 - t)$$

В этом случае мы могли бы просто умножить скорость в м/с на прошедшее время в секундах, и это дало бы нам количество пройденных метров машиной. Обратите внимание: на рисунке 2, мы можем визуализировать это как площадь.

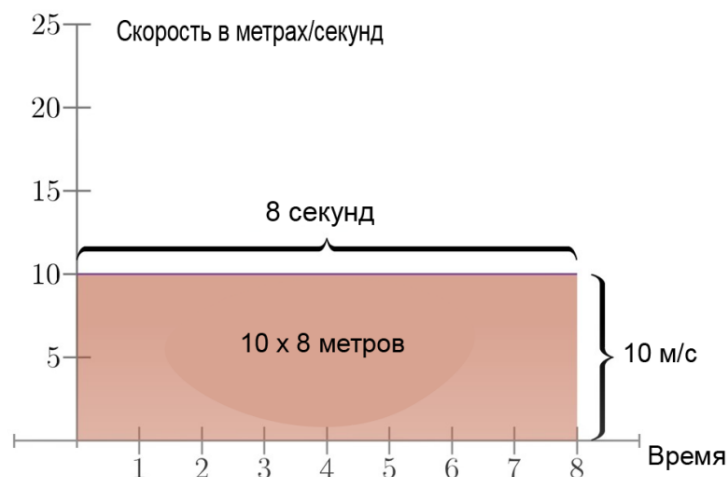


Рисунок 2 – Визуализация количества пройденных метров машиной

На этом графике, где горизонтальное направление имеет единицы секунды, а вертикальное направление - метры в секунду, единицы площади вполне естественно соответствуют метрам. Но что усложняет нашу ситуацию, так это то, что скорость не постоянна, она постоянно меняется в каждый момент

времени. Было бы намного проще, если бы она менялась только в нескольких точках, возможно, оставаясь неподвижной в течение первой секунды, а затем внезапно прерывисто подпрыгивая до постоянной скорости 7 м/с в течение следующей секунды, и так далее, с прерывистыми прыжками до порций постоянной скорости. Это сделало бы наши расчеты намного проще. Мы могли бы просто вычислить пройденное расстояние на каждом интервале, умножив постоянную скорость на этом интервале на изменение во времени, а затем просто сложить все это.

Теперь мы собираемся аппроксимировать функцию скорости. Для этого мы разбиваем ось времени от 0 до 8 секунд на множество небольших интервалов, каждый из которых имеет небольшую ширину dt , что-то вроде 0.25 секунд. Теперь рассмотрим один из этих интервалов, например, между t , равным 1 и 1.25 на рисунке 3. В реальности машина ускоряется с 7 м/с примерно до 8 м/с. За это время скорость составляла 4 м/с, и мы могли бы найти эти числа, просто подставив $t = 1$ и $t = 1.25$ в уравнение скорости. Мы хотим аппроксимировать движение автомобиля так, как если бы его скорость была постоянной на этом интервале. Причина этого в том, что мы на самом деле не знаем, как действовать в других ситуациях, кроме ситуаций с постоянной скоростью.

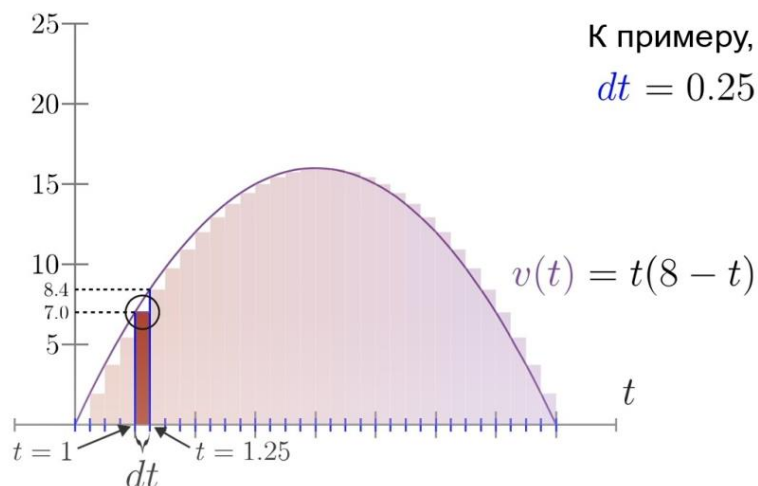


Рисунок 3-Интервал между t , равным 1 и 1.25

К примеру, мы выбрали эту константу в диапазоне от 7 м/с до 8.4 м/с, и это на самом деле особо не имеет значения. Все, что имеет значение, это то, что наша последовательность приближений становится все лучше и лучше по мере того, как dt становится все меньше и меньше.

Итак, для удобства на таком интервале давайте просто аппроксимируем скорость с помощью истинной скорости автомобиля в начале этого интервала, высоты графика над левой стороной, которая в данном случае равна 7. Согласно нашему приближению

$$7 \text{ м/с} \cdot 0.25 \text{ с} = 1.75 \text{ м.}$$

Это 1.75 метра, и это хорошо визуализируется как площадь тонкого прямоугольника, что выходит из определенного интеграла в этом интервала.

По правде говоря, это немного меньше реального пройденного расстояния, но ненамного. И то же самое касается любого другого интервала. Приблизительное расстояние равно $S(t) = \mathcal{A}(t)dt$, мы можем подставить разное значение t для каждого из них, что даст разную высоту для каждого прямоугольника. Следующее выражение для суммы площадей всех прямоугольников

$$\underbrace{\int_0^8 \mathcal{A}(t) dt}_{dt \rightarrow 0}$$

В этих обозначениях подразумеваются, что значение dt играет две отдельные роли. Это не только фактор каждой суммируемой величины, но и указывает интервал между каждым шагом выборки. Поэтому, когда мы делаем dt все меньше и меньше, даже несмотря на то, что это уменьшает площадь каждого прямоугольника, это увеличивает общее количество прямоугольников, площади которых мы суммируем. Это повышает точность вычисления. Как можно понять, сумма площадей данных прямоугольников, ограниченной этой кривой и горизонтальной осью благодаря интегрированию дают нам точный ответ на вопрос о пройденном пути автомобиля.

Оценку этих приближений можно описать так: это просто область под этой кривой

$$S(t) = \int_a^b \mathcal{A}(t) dt.$$

Нахождение площади между графиком функции и горизонтальной осью - это своего рода общий язык для многих разрозненных задач, которые можно разбить на части и аппроксимировать как сумму. В нашем примере со скоростью, пусть правая выбранная точка - будет переменная T . Мы думаем об этом интеграле функции скорости между 0 и t , и площади под этой кривой между этими входными данными, как о функции, верхняя граница которой является переменной.

Эта площадь представляет собой расстояние, которое автомобиль проехал за t секунд. Таким образом, крошечное изменение расстояния за небольшое изменение во времени - это скорость.

Но есть другой способ увидеть это, исключительно с точки зрения графикаи этой области, который гораздо лучше обобщает другие интегральные задачи. Производная любой функции, задающей площадь под таким графиком, рисунок 4, равна функции самого графика.

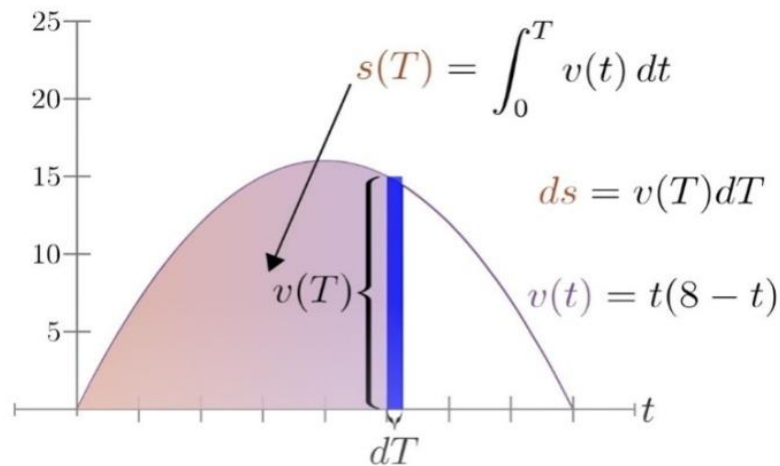


Рисунок 4 -Производная любой функции, задающей площадь под графиком

Основная теорема исчисления. Если наша функция $\mathcal{A}(t)=t(8-t)$, каким должно быть S ? Какая функция от t имеет производную $t(8-t)$?

Это будет легче увидеть, если мы распишем это значение, записав его так:

$$t(8-t)=8t-t^2.$$

Следовательно, первообразная нашей функции $8t-t^2$ равна

$$4t^2 - \frac{1}{3}t^3$$

Возникает небольшая проблема. Мы могли бы добавить к этой функции любую константу, которую захотим, и ее производная по-прежнему будет равна $8t-t^2$. Если бы мы построили график $S(t)$, мы могли предположить, что перемещение графика функции расстояния вверх и вниз никак не влияет на изменение его угла наклона при каждом входе. На самом деле существует бесконечно много различных возможных первообразных функций, и каждая из них выглядит как $4t^2 - \frac{1}{3}t^3 + c$, где $C=\text{const}$. Однако существует значимый аспект, который до сих пор не был учтен, и который позволит нам сфокусироваться на выборе подходящего первообразного и определении нижней границы интеграла.

Мы уже выяснили, что площадь как функция T является первообразной для закрашенной части внутри. И чтобы выбрать, какую константу добавить к этому выражению, мы высчитываем данный определенный интеграл. Получается так, что интеграл от нижней границы до самого себя действительно равен нулю. Общее расстояние, пройденное за полные 8 секунд, представляет собой нижеприведенное выражение, рисунок 5.

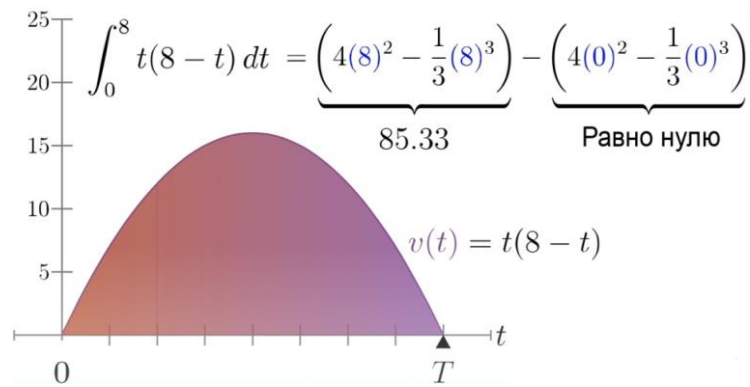


Рисунок 5 - Общее расстояние, пройденное за полные 8 секунд

Общее расстояние, пройденное за полные 8 секунд. Таким образом, общий ответ - 85.33 метра.

Мы стремились определить расстояние, пройденное автомобилем, исходя только из данных спидометра. Однако это затрудняется тем, что скорость постоянно меняется. Если мы приближаем скорость к постоянной на нескольких интервалах, мы можем выяснить, как далеко машина проедет на каждом интервале, с помощью умножения, а затем сложить все эти значения. Все лучшие и лучшие приближения исходной задачи соответствуют наборам прямоугольников, совокупная площадь которых все ближе и ближе к площади под этой кривой между временем начала и временем окончания. Таким образом, эта область под кривой на самом деле представляет собой точное расстояние, пройденное для истинной нигде не постоянной функции скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. <https://tutorial.math.lamar.edu/classes/calci/defnofdefiniteintegral.aspx>

ӘӨЖ 372.851:512.62

Жаныбек Г.С., Загиялова Д.Р., Закариянова Н.Н., Лауенов Е.Е., Дукай Т. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс)

СИММЕТРИЯЛЫ КӨПМҮШЕЛІКТЕР ТЕОРИЯСЫ АРҚЫЛЫ МЕКТЕП КУРСЫ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ

Аңдатпа: Симметриялы көпмүшеліктер теориясы көпмүшеліктер теориясының маңызды салаларының бірі болып табылады. Симметриялы көпмүшеліктердің көмегімен мектеп курсы бағдарламасының қиындығы жоғары бөлшектің бөліміндегі иррационалдықтан құтылу; иррационал теңдеулер мен теңсіздіктерді шешу, алгебралық теңдеулер мен теңсіздіктер және олардың жүйелерін шешу; теңдіктер мен теңсіздіктерді дәлелдеу және сол сияқты тағы басқа да көптеген қызықты есептерін, олимпиадалық есептерді оңай шешуге болады. Жұмыста симметриялы көпмүшеліктердің негізгі теоремасы дәлелдеуімен беріліп, симметриялы көпмүшеліктер жайлы қысқаша теория келтірілген. Сондай-ақ, симметриялы көпмүшеліктердің қолданысы көрсетілген.

Түйін сөздер: көпмүшеліктер, симметриялы көпмүшеліктер, элементар көпмүшеліктер, иррационал теңдеулер, жоғарғы мүше.

Математиканың маңызды саласының бірі – көпмүшелер теориясында ерекше рөлді симметриялық көпмүшелер атқарады [1]. Оларды қолдануға негізделген әдістер келесі есептерді шешуге мүмкіндік береді: бөлшектің бөліміндегі иррационалдықты жою, иррационал теңдеулерді шешу, теңдіктер мен теңсіздіктерді дәлелдеу, көпмүшелерді көбейткіштерге жіктеу, сызықты емес теңдеулер мен олардың жүйелерін шешу және т.б. Сондай-ақ, симметриялы көпмүшелердің көмегімен жеткілікті күрделі есептерді, олимпиадалық есептерді шешуге болатынын атап өткен жөн [2].

Көпмүшелер теориясын зерттеу үшін қолданылатын материал өте қызықты, қолжетімді және арнайы дайындықты қажет етпейді. Көпмүшеліктер жайлы материалдар жалпы білім беретін мектептердің кәдімгі оқулықтарында да бар. Жалпы, мектеп курсы бағдарламасында көпмүшеліктер теориясы арқылы шешілетін есептер көп. Олардың басым көпшілігі бір белгісізді көпмүшеліктер теориясына келтіріледі. Біз жұмысымызда көп белгісізді көпмүшеліктер арқылы, яғни симметриялы көпмүшеліктер арқылы мектеп курсының қиындығы жоғары есептерін шешуге тоқталайық.

$f(x_1 x_2 x_3 \dots x_n)$ көпмүшеліктің белгісіздерін орындарымен алмастырғанда көпмүшеліктің түрі өзгермесе, онда ондай көпмүшелікті симметриялы дейді.

Мысалы, $f(x_1, \dots, x_n) = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2 + x_1 x_2 + \dots + x_{n-1} x_n$ көпмүшелігі симметриялы.

Келесі түрдегі симметриялы көпмүшеліктерді - негізгі элементар симметриялы көпмүшеліктер деп атайды.

$$\sigma_1 = x_1 + x_2 + \dots + x_n,$$

$$\delta_2 = x_1x_2 + x_1x_2x_4 + \dots + x_{n-2}x_n,$$

$$\delta_3 = x_1x_2x_3 + x_1x_3 + \dots + x_{n-1}x_n,$$

$$\delta_{n-1} = x_1x_2x_3\dots + \dots + x_2x_3x_n,$$

$$\delta_n = x_1x_2\dots x_n,$$

Мысалы, Үш белгісізді негізгі симметриялы көпмүшеліктер:

$$\delta_1 = x_1 + x_2 + x_3,$$

$$\delta_2 = x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3,$$

$$\delta_3 = x_1x_2x_3.$$

Симметриялы көпмүшеліктердің негізгі қасиеттері:

1) $K[x_1, \dots, x_n]$ сақинасында $ax_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \dots \cdot x_n^{k_n}$ бірімүшесі $f \in K[x_1, \dots, x_n]$ көпмүшесінің жоғарғы мүшесі болса, онда ол үшін келесі қатынас орынды:

$$k_1 \geq k_2 \geq k_3 \geq \dots \geq k_n.$$

2) $f(x_1, \dots, x_n) \neq 0 \in K[x_1, \dots, x_n]$ көпмүшесінің жоғарғы мүшесі $ax_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \dots \cdot x_n^{k_n}$ болса, онда f көпмүшелігінен.

3) $K[x_1, \dots, x_n]$ сақинасындағы нолдік емес көпмүшеліктердің кемімелі тізбегі шектеусіз болуы мүмкін емес.

Теорема. Симметриялы көпмүшелер туралы негізгі теорема. $K[x_1, \dots, x_n]$ сақинасында кез келген симметриялы көпмүшеліктер $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ арқылы өрнектеледі. яғни $f(x_1, \dots, x_n) \in K[x_1, \dots, x_n]$ көпмүшелігі үшін $g(x_1, x_2, \dots, x_n) \in K[x_1, \dots, x_n]$ көпмүшелігі табылады:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = g(\delta_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, \delta_n(x_1, x_2, \dots, x_n))$$

Мысал 1

$$f(x_1, x_2, x_3) = x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 + 5x_1x_2x_3 \in Q[x_1, x_2, x_3]$$

негізгі элементар симметриялық көпмүшеліктер арқылы өрнектеу керек.

Шешуі. Белгісіз коэффициенттер әдісін пайдаланайық. Мұнда жоғары мүше x_1^3 . Оның дәреже көрсеткіші: 3 0 0 ($x_1^3x_2^0x_3^0$). Сәйкес келетін

симметриялы көпмүшелік түрі σ_1^3 . Пайда болатын симметриялы көпмүшелік жоғарыдағы қасиеттерді қанағаттандыруы тиіс. Келесі мына дәрежені қарастырамыз: $2 \ 1 \ 0 \ (x_1^2 x_2^1 x_3^0)$, яғни $A x_1^2 x_2^1 x_3^0$. Оған сәйкес симметриялы көпмүшелік $A\sigma_1\sigma_2$. Және де $1 \ 1 \ 1 \ (x_1^1 x_2^1 x_3^1)$ үшін $B x_1^1 x_2^1 x_3^1$ оған $B\sigma_3$ сәйкес келеді. Сонда ізделінді симметриялы көпмүшелік

$$f(x_1, x_2, x_3) = \sigma_1^3 + A\sigma_1\sigma_2 + B\sigma_3.$$

Белгісіз A, B коэффициенттерін табу керек, оларды x_1, x_2, x_3 мәндер беру арқылы аламыз.

Мысалы, $x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 1$ және $x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = -2$ болсын, онда $2 = 2^3 + A \cdot 2 \cdot 1 + B \cdot 0$, $-16 = B \cdot (-2)$. Яғни $A = -3$, $B = 8$.

Жауабы. $f(x_1, x_2, x_3) = \sigma_1^3 - 3\sigma_1\sigma_2 + 8\sigma_3$.

Төменде мектеп бағдарламасының қиындығы жоғары есептерін симметриялы көпмүшеліктер көмегімен шешуге мысалдар қарастырайық.

$$\text{Мысал 2} \quad \sqrt[5]{\frac{1}{2} + x} + \sqrt[5]{\frac{1}{2} - x} = 1 \quad (1)$$

иррационал теңдеуді шешу керек.

Шешуі.

$$\sqrt[5]{\frac{1}{2} + x} = a, \quad \sqrt[5]{\frac{1}{2} - x} = c \quad (2)$$

деп белгілесе, $a + c = 1$ теңдеуі пайда болады. (2) қатынастарын 5 дәрежелеп, қоссақ: $a^5 + c^5 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$.

Сонда симметриялы мүшелері бар жүйе алынады. Оны симметриялы көпмүшеліктер теориясын пайдаланып шешейік.

$$\begin{cases} a + c = 1, \\ a^5 + c^5 = 1. \end{cases}$$

Негізгі симметриялы көпмүшеліктер арқылы $\sigma_1 = a + c$, $\sigma_2 = ac$ өрнектесек:

$$\begin{cases} \sigma_1 = 1, \\ \sigma_1^5 - 5\sigma_1^3\sigma_2 + 5\sigma_1\sigma_2^2 = 1. \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 1, \\ \sigma_2 = 1. \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 1, \\ \sigma_2 = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = 1, \\ \sigma_2 = 1 \end{cases} \text{ болғанда } z^2 - z + 1 = 0 \quad D < 0, \text{ яғни нақты шешімдері жоқ.}$$

$\begin{cases} \sigma_1 = 1 \\ \sigma_2 = 0 \end{cases}$ болғанда $z^2 - z = 0$, бұдан $z(z - 1) = 0$, көбейтіндінің нөлге тең болу шартынан $z_1 = 1, z_2 = 0$. Онда

$$a = 0 \quad c = 1 \rightarrow \sqrt[5]{\frac{1}{2} + x} = 0 \quad \sqrt[5]{\frac{1}{2} - x} = 1 \rightarrow x = -\frac{1}{2}$$

$$a = 0 \quad c = 1 \rightarrow \sqrt[5]{\frac{1}{2} + x} = 1 \quad \sqrt[5]{\frac{1}{2} - x} = 0 \rightarrow x = \frac{1}{2}$$

Жауабы: $\pm \frac{1}{2}$.

Мысал $3x + \sqrt{17 - x^2} + x\sqrt{17 - x^2} = 9$ иррационал теңдеуді шешу керек. Шешуі.

$$\sqrt{17 - x^2} = a, \quad x = c$$

белгілеулерін жасасақ, берілген теңдеу келесідей түрге келтіріледі:

$$a + c + ac = 9.$$

Белгілеулердің екі жағын да екінші дәрежеге шығарып, мүшелеп қоссақ:

$$a^2 + c^2 = 17.$$

Сонда симметриялы өрнектері бар жүйені аламыз:

$$\begin{cases} a + c + ac = 9, \\ a^2 + c^2 = 17. \end{cases}$$

Симметриялы көпмүшеліктер арқылы $\sigma_1 = a + c$, $\sigma_2 = ac$ өрнектесек:

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 = 9, \\ \sigma_1^2 - 2\sigma_2 = 17. \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 5, \\ \sigma_2 = 4. \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = -7, \\ \sigma_2 = 16. \end{cases}$$

1) $\begin{cases} \sigma_1 = 5 \\ \sigma_2 = 4 \end{cases}$ болғанда Виет теоремасы бойынша $z^2 - 5z + 4 = 0$ теңдеуін аламыз. Мұнда $D = 25 - 16 = 9$, яғни $z_1 = 4, z_2 = 1$.

2) $\begin{cases} \sigma_1 = -7 \\ \sigma_2 = 16 \end{cases}$ Виет теоремасы бойынша $z^2 + 7z + 16 = 0$ $D < 0$.

Жауабы: 4; 1

Мектеп оқушыларын математикадан олимпиадаларға дайындау

барысында көпмүшеліктер туралы, негізгі симметриялық көпмүшеліктер туралы басты-басты түсініктер мен ұғымдарды бере отырып, яғни симметриялық көпмүшеліктер теориясын пайдаланып, элементар математиканың теңдеулер жүйесін шешу, иррационал теңдеулерді шешу, тепе-теңдіктерді дәлелдеу, бөлшектің бөлімін иррационалдықтан құтқару т.с.с көптеген есептерін оңай шешуге болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Кострикин А.И. Введение в алгебру. - М.: Наука, 2012. – 495 с7
2. Прасолов, В. В. Многочлены. - М.: МЦНМО, 2013. – 336 с.
3. Солодовников А. С. Задачник-практикум по алгебре / А.С. Солодовников, А.М. Родина. - М.: Просвещение, 2015. – 127 с.
4. Табачников С.Л. Многочлены.- М.: ФАЗИС, 2012. – 200 с.

УДК 621. 220

Жапаров К.М. (23-МТМ-2т, ВКТУ), Комбаев К.К. (к.т.н., ВКТУ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНОМ СТАНКЕ

Аннотация. Электроэрозионная обработка обладает широкими технологическими возможностями и обеспечивает получение деталей с высокой точностью размеров с допуском в пределах 1,5 – 10 мкм и минимальными параметрами шероховатости поверхности Ra 0,04 – 0,32 мкм. Использование специальных режимов обработки и диэлектрических жидкостей на окончательных операциях технологического процесса изготовления деталей позволяет получать поверхности с высокими механическими свойствами, твердостью а также коррозионной стойкостью, износостойкостью, малой адгезионной способностью. Электроэрозионный станок с ЧПУ в основном используется для обработки различных видов пресс-форм, прецизионных деталей и других сложных полостей и криволинейных форм из различных видов проводящих материалов.

Ключевые слова: электроэрозионный проволочно-вырезной станок, зубчатое колесо, нержавеющая сталь.

Электроэрозионная обработка (Electric discharge machining – EDM), заключающаяся в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности заготовки под действием электрических разрядов в результате электрической эрозии. Способ позволяет резать металлы с любым уровнем твердости и физико-химическими свойствами [1]. Экспериментальные исследования проводили при изготовлении зубчатого колеса из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, таблица 1.

Таблица 1- Свойства стали 12Х18Н10Т ГОСТ 25054-81

Марка стали	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %
12Х18Н10Т	Поковки. Закалка 1050-1100 °С, вода или воздух.	До 1000	196	510	35	40

Высокие показатели физико-механических свойств стали 12Х18Н10Т исключают получение требуемых точности размеров, кроме электроэрозионной обработки. Электроэрозионный станок с ЧПУ, рисунок 1 использует высокочастотную энергию между положительным и отрицательным электродами, электродом и обрабатываемой деталью, управляемый по 3 осям или более, чтобы пробить зазор между электродом и обрабатываемой деталью, создается высокая температура для расплавления и удаления металла для получения необходимой полости профиля. Изделие, изготовленное электроэрозионным станком с ЧПУ, представляет собой проекционную копию профиля электрода на обрабатываемой детали. Дорогие металлы и сплавы можно резать по двум координатам с шириной реза менее 0,01 мм [2].

При перемещении стола справа налево и наоборот он перемещается вдоль оси “X”. При перемещении стола внутрь и наружу он перемещается вдоль оси “Y”. Движение верхней головки вверх и вниз происходит по оси “Z”.

Верхняя головка также может перемещаться в двух направлениях, параллельных осям X и Y. Эти направления движения в основном используются для создания конусности. Когда верхняя направляющая перемещается слева направо, она перемещается по оси “U”. Когда верхняя направляющая перемещается внутрь и наружу, она перемещается по оси “V” [3].

На электроэрозионном станке (ЭЭС) не требуется применение физической силы, поэтому можно обрабатывать материал с низкой степенью жёсткости и детали с тонкими стенками. Также большой диапазон режимов обработки, с помощью которых можно добиться высокой точности и производительности.



Рисунок 1 – Электроэрозионно - проволочно вырезной станок

Недостатки электроэрозионно - проволочно вырезного станка является:

- Невысокая производительность и высокая энергозатратность окончательной резки;
- Жидкость, в которой проводится работа, должна обладать высокими диэлектрическими свойствами, поэтому станок отличается дороговизной и сложностью обслуживания;
- Электроэрозионная обработка заготовок с высокой точностью и чистотой возможна только в случае, если будут обеспечены соответствующие условия;
- Подверженность инструмента – проволоки большому износу;

На провод проходящий через станок, подается прерывистое напряжение рисунок 2. Когда проволока приближается к материалу (но фактически не касается его), образуется канал ионизации, и сила тока течет по этому каналу, испаря крошечный участок заготовки. Этот канал или зазор должен быть заполнен диэлектрической жидкостью, в данном случае деионизированной водой, которая действует как промывочная среда для удаления испаренных

частиц, изолятор и охлаждающая среда. Затем электричество, поступающее на провод, отключается, и испаренный материал мгновенно затвердевает, образуя мелкие частицы. Затем промывка удаляет частицу из зазора, и процесс начинается сначала. Этот процесс повторяется тысячи раз в секунду [4].

Именно этот постоянный процесс в конечном итоге позволяет обработать заготовку в соответствии с требованиями.

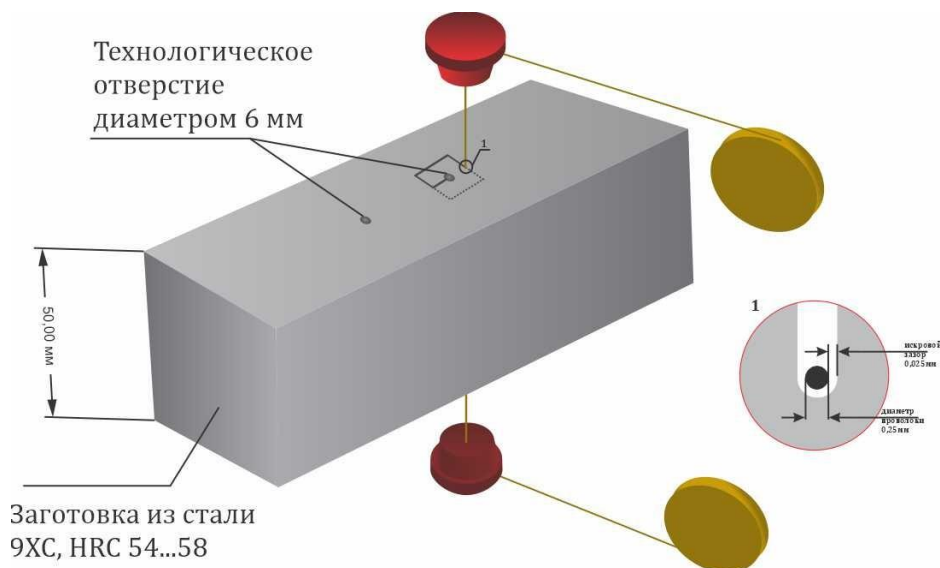


Рисунок 2- Схема электроэрозионной проволочной резки металла

В процессе работы ЭЭС проволока перематывается на скорости от 5 до 11,5 м в минуту. При этом важно, чтобы проволока оставался под определённым натяжением и был точно зафиксирован в промежутке рабочего участка при помощи направляющих.

В большинстве станков направляющие, контакты токоподводов и трубки, подающие струи охлаждающей жидкости, объединяются в единую систему. Токоподводы чаще всего изготавливаются из твердосплавных материалов и располагаются за рабочим участком, в непосредственной близости от направляющих.

Охлаждающая жидкость при работе станка должна омывать не только эрозионный зазор, но и всю поверхность проволоки, находящуюся между перемещающимися контактами. Это необходимо, чтобы предотвратить нагрев проволоки вследствие протекания по ней больших импульсных напряжений [5].

Одна из важнейших рабочих систем ЭЭС – источник питания. Она отвечает за выработку и коммутацию напряжений нужного значения, обеспечивает корректный порядок запуска и выключения ЭЭС, диагностирует и отслеживает состояние сети, обеспечивает корректную работу ЧПУ при кратковременных непредвиденных отключениях питания.

При изготовлении зубчатого колеса, рисунок 3 на электроэрозионном проволочно - вырезном станке выбрали скорость проволоки 100 мм/сек. Ток разряда составляет от 20 до 30 ампер. Продолжительность импульса: большая длительность импульса обеспечивает большую скорость удаления, а низкая

длительность импульса приводит к низкой скорости удаления. Частота импульса: 50 кГц до 1 МГц. Диаметр тонкой проволоки составляет от 0,05 до 0,25 мм, выбрано 0,18 мм. Расходные материалы: проволока, смола ионнообменная.

Особую важность имеет стабильное натяжение и равномерная подача проволочного ЭЭС, особенно если речь идёт о ведении контактных измерений или подчистке. Рывки при подаче проволоки – главная причина неточностей в контактных измерениях, способная привести к серьёзным ошибкам в базировании [6].



Рисунок 3 – Изготовление зубчатого колеса на электроэрозионной проволочной вырезном станке.

Резкое падение микротвердости происходит на границе раздела термического воздействия и основного металла, где столь же резко изменяется структура и химический состав материала. Упрочнение характеризуется повышенной микротвердостью (~700 HV) по сравнению с основным металлом (~250 HV). Таким образом, исследуемая тема обработки на электроэрозионно проволочно-вырезном станке представляет научный интерес для обеспечения высоких требований точности труднообрабатываемых деталей и требует дальнейшего исследования магистрантом.

Статья написана при финансовой поддержке «Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан» в рамках реализации грантового финансирования проекта ИРН AP23488351 «Создание лаборатории проектирования, моделирования и инженерного анализа для оптимизации конструкций трубопроводной арматуры Казахстанского производства».

Выводы:

1. Экспериментально определены режимы изготовления зубчатого колеса: скорость проволоки 100 мм/сек; ток разряда от 20 до 30 ампер; частота импульса от 50 кГц до 1 МГц; диаметр тонкой проволоки 0,18 мм.

2. При электролитно-плазменной обработке стали 12Х18Н10Т формируется упрочненный слой с более высокой микротвердостью, по сравнению с основным материалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Комбаев К.К., Кылышканов М.К., Лопухов Ю.И. Влияние электролитно-плазменной обработки стали 18ХНЗМА-Ш на поверхностную микроструктуру и твердость // Журнал Сибирского федерального университета, серия «Техника и технологии». – Красноярск, 2009. - №2 (4). С. 394 – 399.

2. Комбаев К. К., Токтар Б. А. Инновации повышения микротвердости стали бурового долота электролитно-плазменной закалкой // Достижение вузовской науки 2018: сборник статей V Международного научно-исследовательского конкурса г. Пенза, Россия: МЦНС «Наука и Просвещение».2018., с. 17-22.

3. К.К. Kombayev , L.I.Kveglis, S.E. Sandybay, A.T. Shokputova. Technology of electrolytium-plasma treatment of aluminum alloys // Journal "Scientific Israel- Technological Advantages" MATERIALS ENGINEERING & NEW TECHNOLOGIES Vol.20, № 1, 2018, p. 46-52.

4. Комбаев К. К., Ахмадиев Р. Б.,Гридунов И.Д., Токтар Б. А. Установка для электролитно-плазменной обработки// Патент на ПМ (11) №7360, (19) KZ, (21) Номер заявки 2022/0537.2, (45) Номер и дата бюл-летеня № 32 - 12.08.2022, (51) МПК C25F 7/00, <https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=359165>

5. Комбаев К.К. , Камзин Д.С., Гридунов И. Д., А.Б.Касеновой, Елеманов Д.С., Конарбаева Г.Н. Локальная электролитно-плазменное упрочнение плашки обвязки колонн клиновых// Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), №2(69), Москва, 2022 г., с. 34-41. ISSN2079-13642022

6. Kuat Kombayev, Alina Kim, Gulden Sypainova. Strengthening the Working Surface of Low-Carbon Alloy Steel by Electrolyte-Plasma Treatment// International Conference on Science and Innovative Engineering (ICSIE) Istanbul, Turkey 2022, 6th - 7th May, p. 18-21. ISD-SIEISTAN-060522-22797, ISBN978-93-90150-32-8

УДК669.017

Жимбеков Д.А. (21 ТМК-1, ВКТУ), Кабдуллина Д.С. (ст. преподаватель, ВКТУ)

ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. В статье представлен обзор основы пластической деформации лежит необратимое перемещение одних частей кристалла относительно других. Пластичность, т.е. способность металлов перед разрушением претерпевать значительную пластическую деформацию, является одним из важнейших свойств металла. Благодаря пластичности осуществляется обработка металлов давлением. Пластичность позволяет перераспределять локальные напряжения равномерно по всему объему металла, что уменьшает опасность разрушения. Для металлов характерно большее сопротивление растяжению или сжатию, чем сдвигу. Поэтому процесс пластической деформации обычно представляет собой процесс скольжения одной части кристалла относительно другой по кристаллографической плоскости или плоскостям скольжения с более плотной упаковкой атомов

Ключевые слова: Рекристаллизация, возврат, нагрев, температура, деформация, дислокация.

Деформацией называется изменение форм и размеров тела под действием напряжений. Деформация, возникающая при сравнительно небольших напряжениях и исчезающих после снятия нагрузки, называется упругой, а сохраняющаяся – остаточной или пластической. При увеличении напряжений деформация может заканчиваться разрушением.

При упругой деформации происходит обратимое смещение атомов из положений равновесия в кристаллической решетке. Упругая деформация не вызывает заметных остаточных изменений в структуре и свойствах металла. После снятия нагрузки сместившиеся атомы под действием сил притяжения (при растяжении) или отталкивания (при сжатии) возвращаются в исходное равновесное положение и кристаллы принимают первоначальную форму и размеры. Упругие свойства материалов определяются силами межатомного взаимодействия. Пластически деформированные металлы могут рекристаллизоваться лишь после деформации, степень которой превосходит определенную минимальную величину, которая называется критической степенью деформации. Если степень деформации меньше критической, то зарождения новых зерен при нагреве не происходит. Критическая степень деформации невелика (2 - 8%); для алюминия она близка к 2%, для железа и меди - к 5%.

Рекристаллизация – процесс зарождения и роста новых недеформированных зерен при нагреве наклепанного металла до определенной температуры.

Нагрев металла до температур рекристаллизации сопровождается резким изменением микроструктуры и свойств. Нагрев приводит к резкому снижению прочности при одновременном возрастании пластичности. Также снижается электросопротивление и повышается теплопроводность. Для металлов характерно большее сопротивление растяжению или сжатию, чем сдвигу.

Поэтому процесс пластической деформации обычно представляет собой процесс скольжения одной части кристалла относительно другой по кристаллографической плоскости или плоскостям скольжения с более плотной упаковкой атомов. Пластическая деформация кристаллических тел осуществляется скольжением или двойникованием. В результате скольжения кристаллическое строение перемещающихся частей не меняется и остается прежним. Таким образом, пластическую деформацию можно представить как процесс скольжения за счет несовершенств строения кристаллов, а именно наличием дислокаций. Искривление кристаллической решетки происходит из-за образования в ней экстраплоскости. На рисунке она расположена выше плоскости скольжения и перпендикулярна плоскости чертежа. Передвигаясь с одной боковой поверхности к другой смещает части монокристалла на одно межатомное расстояние. В результате происходит пластическая деформация.

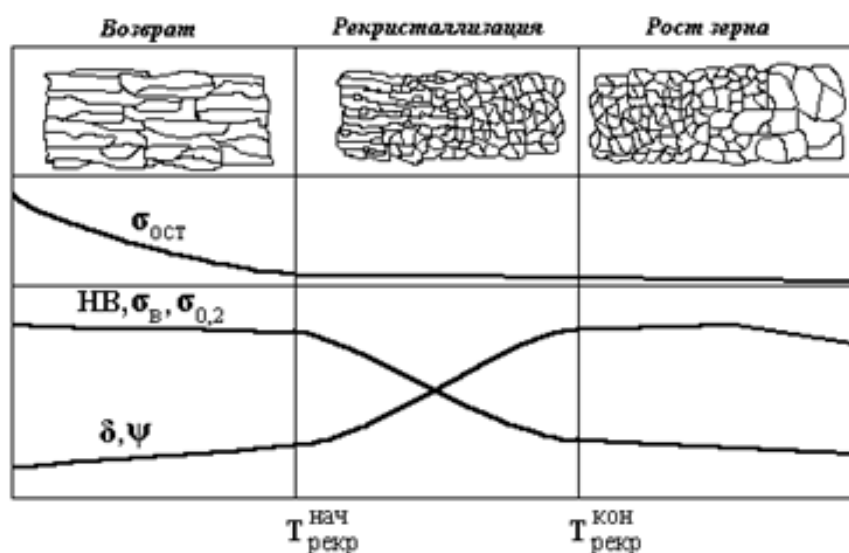


Рисунок 1- Изменение структуры и свойств деформированных металлов при нагреве

Изменения в структуре и свойствах металла зависят от температуры нагрева. Можно выделить три основных этапа (рис.1): возврат, рекристаллизация (первичная) и рост зерна (собирательная рекристаллизация).

В процессе возврата частично снимаются искажения решетки, что приводит к уменьшению остаточных напряжений, механические свойства изменяются мало.

При рекристаллизации образуется новый комплекс мелких равноосных зерен с неискаженной кристаллической решеткой. Новые зерна возникают у границ старых зерен и блоков, где решетка была наиболее искажена. Количество новых зерен постепенно увеличивается и в структуре не остается старых деформированных зерен.

Движущей силой первичной рекристаллизации является энергия,

аккумулированная в наклепанном металле. Система стремится перейти в устойчивое состояние с неискаженной кристаллической решеткой. Металл, подвергнутый пластическому деформированию, характеризуется термодинамическим неустойчивым состоянием. Нагрев может вернуть ему исходные свойства. При небольшом нагреве (до 4000С для железа) происходит снятие искажений кристаллической решетки, уменьшение плотности дислокаций, количества вакансий, снижение внутренних напряжений. Однако, видимых изменений структуры не происходит и вытянутая форма зерен сохраняется. Частичное восстановление свойств при небольшой температуре нагрева называется возвратом металла. С ростом температуры подвижность атомов растет и образуются новые зерна вместо ориентированной волокнистой структуры. Образование новых равноосных зерен называется рекристаллизацией.

Рекристаллизационный процесс завершается ростом образовавшихся новых зерен. Движущей силой является поверхностная энергия зерен. При мелких зернах поверхность раздела большая, поэтому имеется большой запас поверхностной энергии. При укрупнении зерен общая протяженность границ уменьшается, и система переходит в равновесное состояние.

Температура начала рекристаллизации связана с температурой плавления,

$$T_{рек} = \alpha \cdot T_{пл},$$

где α – коэффициент, зависящий от чистоты металла и структуры.

На свойства металла большое влияние оказывают размеры зерен, получившихся при рекристаллизации. В результате образования крупных зерен при нагреве до высоких температур начинает понижаться прочность и, особенно значительно, пластичность металла.

Основными факторами, определяющими величину зерен металла при рекристаллизации, являются температура, продолжительность выдержки при нагреве и степень предварительной деформации (рис.2).

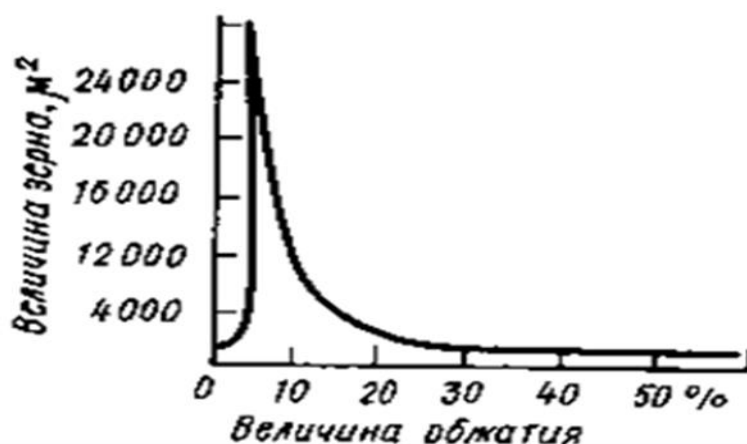


Рисунок 2- Влияние предварительной степени деформации металла на величину зерна после рекристаллизации

С повышением температуры происходит укрупнение зерен, с увеличением времени выдержки зерна также укрупняются. Заключительной стадией деформации материалов является разрушение. Разрушение твердого тела представляет собой процесс разделение его на части под действием нагрузок, которые также могут сопровождаться термическими, радиационными, коррозионными и другими воздействиями. Разрушение представляет собой разрыв межатомных связей с образованием новых поверхностей. При разрыве межатомных связей перпендикулярно плоскости разрушения, то происходит разрушение сколом или отрывом. Если разрыв связей идет под действием силы, приложенной параллельно плоскости разрушения, то происходит разрушение сдвигом или скольжением. В металлах может иметь место и тот и другой вид разрушения. Кроме того, характер разрушения зависит от температуры, скорости деформации, напряженного состояния, чистоты металла и т.д.

В зависимости от степени пластической деформации перед разрушением различают два основных вида разрушений: хрупкое и вязкое. При вязком разрушении металл претерпевает перед разрушением не только упругую, но и значительную пластическую деформацию. При отсутствии пластической деформации или при ее незначительном развитии происходит хрупкое разрушение...

Хрупкое разрушение происходит путем отрыва или скола, под действием нормальных напряжений. Разрушение начинается от какого-либо дефекта, вблизи которого развивается концентрация напряжений, превосходящих теоретическую прочность металла. Макроанализ при хрупком разрушении имеет блестящую гладкую поверхность, на электронном микроскопе - «кристаллическое-ручьеистое» строение – «речные узоры».

Вязкое разрушение происходит путем сдвига под действием касательных напряжений. Излом при вязком разрушении имеет матовый волокнистый характер без металлического блеска, на электронном микроскопе - «чашечное или ямочное» строение). Характерными признаками вязкого и хрупкого разрушения являются: энергоемкость, т.е. величина работы разрушения, вид трещины и поверхности излома и скорость распространения трещины.

Меры борьбы с вязким и хрупким разрушением различны. В случае вязкого разрушения необходимо повышать прочность материала, при хрупком надо увеличивать вязкость, пластичность, даже снижая прочность при необходимости. Наиболее опасно хрупкое разрушение. Некоторые металлы в зависимости от температуры могут перейти из вязкого состояния в хрупкое. Температурный интервал изменения характера разрушения или температура перехода материала из вязкого в хрупкое состояние называется порогом хладноломкости. Порог хладноломкости, характеризует сопротивление материала к хрупкому разрушению. Чем ниже положение порога, тем более надежен материал. Порог хладноломкости принято обозначать через tp_{x} или по цифровой величине T50 (температура, при которой 50% волокна в изломе, или величина ударной вязкости уменьшилась в половину).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Брандон Д., Каплан У., Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля, - М: Техносфера, 2006, - 375с.
2. Самохоцкий А.И., Металловедение. – М.: Металлургия, 1969.-456с.
3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст] : учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1990. - 528 с. : ил.
4. Марочник сталей и сплавов [Текст]: [справ. изд.] / [сост.: А. С. Зубченко и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2003. - 784 с.
5. Материаловедение [Текст]: учебник для студ. высших техн. учеб. заведений / [Б. Н. Арзамасов и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Машиностроение, 1986. - 383 с.
6. Травин, О. В. Материаловедение [Текст] : учебник для вузов / О. В. Травин, Н. Т. Травина. - М. : Металлургия, 1989. - 383 с.

СЫЗЫҚТЫҚ ПРОГРАММАЛАУДЫҢ НАҚТЫ ӨМІРДЕГІ ЕСЕПТЕРІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АРҚЫЛЫ ШЕШУДІҢ ЖОЛДАРЫН ҚАРАСТЫРУ

***Аңдатпа.** Сызықтық бағдарламалау - қандай да бір нәтижені жақсарту үшін арналған математикалық модельге қолданылатын құрал. Соңғы уақытта әртүрлі математикалық модельдерді ауыл шаруашылығы, менеджмент, бизнес, өнеркәсіп, көлік, телекоммуникация, машина жасау және т.б. сияқты нақты өмірдегі әртүрлі жағдайларды жоспарлауда кеңінен қолданылады. Сызықтық бағдарламалаудың негізі мақсаты шектелген ресурстармен оң және үнемді шешім шығару болып табылады. Бұл мақалада өмірден алынған мысалдарды сызықтық бағдарламалаудың графикалық әдіспен және жасанды интеллект арқылы шешуі қарастырылды.*

***Түйін сөздер:** шектеулер, шешім айнымалылары, сызықтық бағдарламалау, мақсат функциясы, оңтайландыру, жасанды интеллект*

Сызықтық бағдарламалау (LP) – математикалық бағдарламалаудың тармағы немесе ішкі жиыны. LP - қалаған мақсатқа жету үшін шешім қабылдауға арналған сандық талдау әдісі. Бұл оңтайландырудың қарапайым әдісі. Ол кейбір шектеулер шегінде мәселенің ең оңтайлы шешімін алу үшін қолданылады. Ол мақсаттық функциядан тұрады. Кейбір шектеулерге жататын сызықтық теңсіздіктер сызықтық теңдеулер түрінде немесе теңсіздіктер түрінде болуы мүмкін. LP сызықтық теңдік пен теңсіздік шектеулеріне бағынатын көптеген айнымалылардағы сызықтық мақсат функциясын максимизациялауға немесе минимизациялауға қатысады. Ол сызықтық шектеулерге байланысты сызықтық функцияларды оңтайландырумен айналысады. Атап айтқанда, LP ресурстарды пайданы көбейту, шығынды азайту немесе өндірістік қуаттарды барынша пайдалану үшін тиімді бөлуге көмектесетін әмбебап құрал.

Сызықтық бағдарламалаудың ең жиі кездесетін өмірдегі мысалы ол өндіріс және кәсіпорындардағы жұмыс жасау күші, қоймадағы сақтау схемасы, өндірісті ұлғайту, өнімнің өзіндік құнын төмендетіп, пайданы көбейту, сонымен қатар маркетингтік стратегияны дұрыс құрып, бөлшек сауданы оңтайландыру т.б.

Сондай бір өндірістік мысалдардың бірін әзірге ең көп тараған жасанды интеллекттің түрі ChatGPT көмегімен шешуді қарастырайық. Ескерте кететін жайт жасанды интеллекттердің көбі әзірге қазақ тіліне көп икемделмегендіктен сұрақтарды ағылшын тілінде қойсаңыз көбірек әрі дұрысырақ ақпарат аласыз.

Мысалы: Кәсіпорын екі машинаны (А және В) пайдалана отырып, екі өнімді (Х және Y) жасайды. Өндірілетін әрбір Х бірлігі А машинасында 50 минут өңдеу уақытын және В машинасында 30 минут өңдеу уақытын қажет етеді. Әрбір өндірілген Y бірлігі А машинасында 24 минут және В машинасында 33 минут өңдеу уақытын қажет етеді.

Ағымдағы аптаның басында қоймада 30 бірлік Х және 90 бірлік Y бар. А машинасында қол жетімді өңдеу уақыты 40 сағат, ал В машинасында 35 сағат болады деп болжануда.

Ағымдағы аптада Х сұранысы 75 бірлік, Y үшін 95 бірлік болады деп болжануда. Компанияның саясаты, және шешу керек проблемасы аптаның соңында қордағы Х бірліктері мен Y бірліктерінің жиынтық сомасын барынша қалай арттыра алады?

- әрбір өнімнің қанша мөлшерін жасау керектігін шешу мәселесін сызықтық бағдарлама ретінде тұжырымдаңыз.

- Осы сызықтық бағдарламаны графикалық түрде шешу

Алдымен дұрыстығына көз жеткізу үшін осы мысалды өзіміз шешейік. Ол үшін берілгені бойынша екі айнымалысы бар теңсіздік құрамызда шектерін анықтаймыз. Графикалық тәсілмен шешейік

х - ағымдағы аптада өндірілген Х бірліктерінің саны

у – ағымдағы аптада өндірілген Y бірліктерінің саны

Шешуі: Есептің берілгені бойынша келесі кестелерді құруға болады.

1-Кесте. Уақыт бойынша деректер

Машиналар	Өнімдер		қол жетімді өңдеу уақыты, сағат
	X	Y	
A	50	24	40
B	30	33	35

2-Кесте. Өнімдер бойынша деректер

Өнімдер туралы мәліметтер	Өнімдер	
	X	Y
бастапқы қор	30	90
Сұраныс	75	95

1- кесте бойынша, сағатты минутқа айналдыру керек екенін ескере отырып, келесі теңсіздіктерді аламыз

$50x + 24y \leq 40 \cdot 60 \Rightarrow 50x + 24y \leq 2400 \Rightarrow 25x + 12y \leq 1200$ (A машинасының уақыты)

$30x + 33y \leq 35 \cdot 60 \Rightarrow 30x + 33y \leq 2100 \Rightarrow 10x + 11y \leq 700$ (B машинасының уақыты)

Кесте 2 бойынша өндіріс $\geq$ сұраныс - бастапқы қор, бұл сұранысты қанағаттандыруды қамтамасыз етеді. Осыдан

$x \geq 75 - 30 \Rightarrow x \geq 45$ (X өнімін қанағаттандыру керек мөлшері), осылайша,

$y \geq 95 - 90 \Rightarrow y \geq 5$ (Y өнімін қанағаттандыру керек мөлшері)

$(x+30-75) + (y+90-95) = (x+y-50)$ яғни, аптаның соңында қоймада қалған бірліктердің санын барынша көбейту үшін мақсат функцияның $f = (x + y - 50)$ максимумын табу қажет.

Сонымен, сызықтық программалау есебі келесі түрде болады:

$$f = (x + y - 50) \rightarrow \max$$

$$G : \begin{cases} 25x + 12y \leq 1200 \\ 10x + 11y \leq 700 \\ y \geq 5 \\ x \geq 45 \\ x \geq 0, y \geq 0 \end{cases}$$

G обысын табу үшін, осы теңсіздіктерге сәйкес келетін түзулерді қарастырамыз

$$25x + 12y \leq 1200 \Rightarrow 25x + 12y = 1200, \quad (1)$$

$$10x + 11y \leq 700 \Rightarrow 10x + 11y = 700, \quad (2)$$

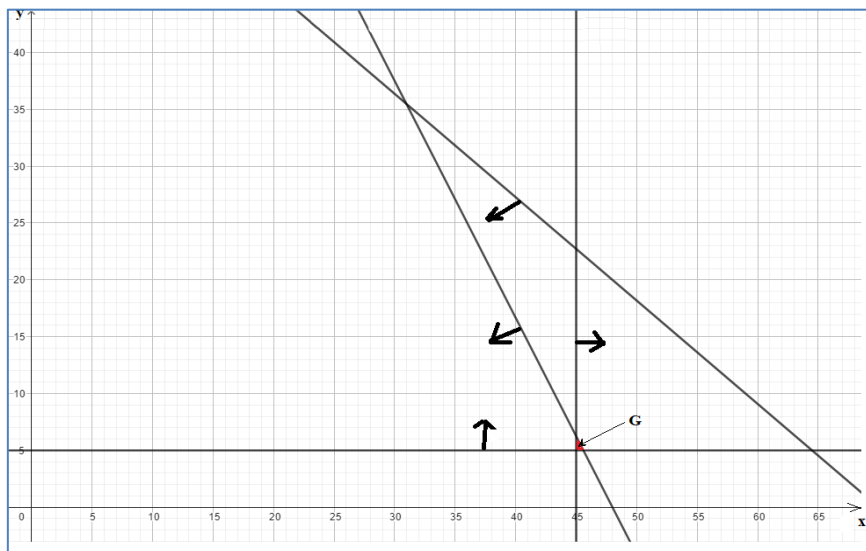
$$x \geq 45 \Rightarrow x = 45, \quad (3)$$

$$y \geq 5 \Rightarrow y = 5 \quad (4),$$

$$x \geq 0, y \geq 0 \Rightarrow x = 0, y = 0$$

Координаттық жазықтықта осы түзулердің графиктерін тұрғызамыз (сурет1).

Түзілердің графиктерін сызғаннан кейін, теңсіздіктер қанағаттандыратын жартылай жазықтықтарды бейнелейміз, суретте стрелкалармен көрсетілген, олардың қиылысуы G облысты береді.



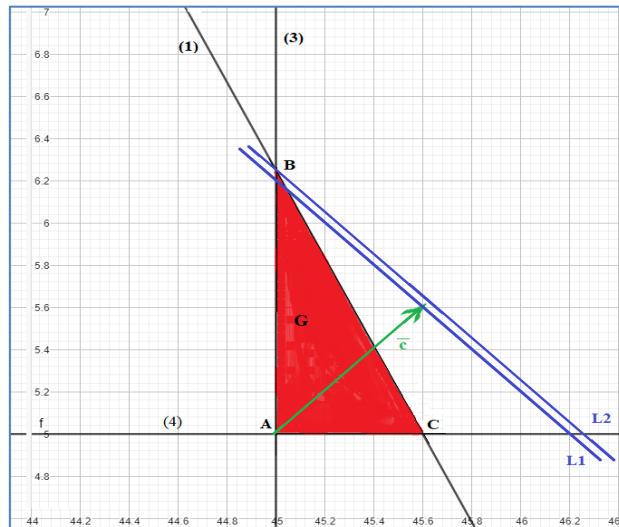
1-сурет- сызықтық программалау есебін графикалық әдісімен шығару

f функцияның $x + y = a$ деңгей сызықтарын қарастырамыз, мұнда a бір бекітілген тұрақты.

Жарамды шешімдер облысы арқылы өтетін c векторына перпендикуляр деңгей сызығының үйірін тұрғызамыз. Мақсат функциясын максимизациялау есебінде векторының бағытында жарамды шешімдер облысы арқылы өтетін ең алыс қашықта орналасқан деңгей сызығын (максимум мәнді береді) таңдау керек.

Максат функцияның градиентін табамыз $gradf = \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right) = (1,1)$ және оны суретте тұрғызамыз. Осы вектордың бағыты бойынша функция өседі, кері бағытта кемиді және ол деңгей сызықтарына перпендикуляр.

Нәтижесінде $x=45$ және $y=6,25$ аламыз, осы нүктедегі функцияның мәні максимумды береді $f_{max} = 1,25$ (сурет 2).



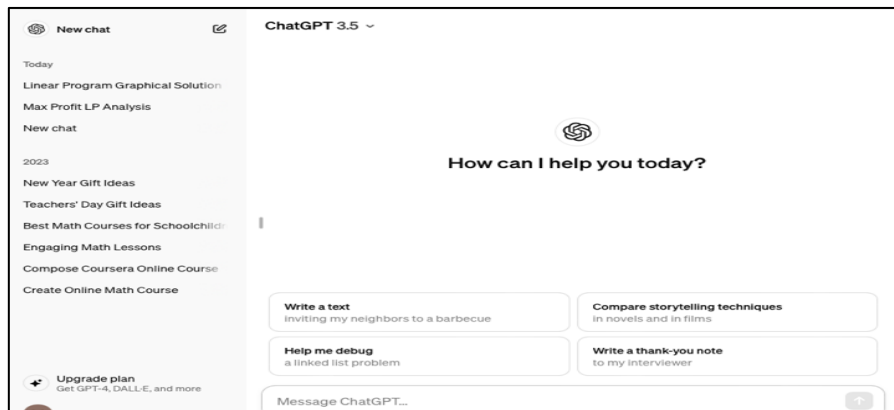
2-сурет- Графикалық әдіспен функцияның максимумын табу (үлкен масштабта)

Суретте деңгей сызықтар көк түсті болып, ал $\vec{c} = gradf$ векторы жасыл түспен көрсетілген.

Енді осы мәселені шешу үшін жасанды интеллект көмегіне сүйенейік, ол үшін кез келген интернет іздеу жүйесіне <https://chat.openai.com/> деген жазбаны жазамыз.

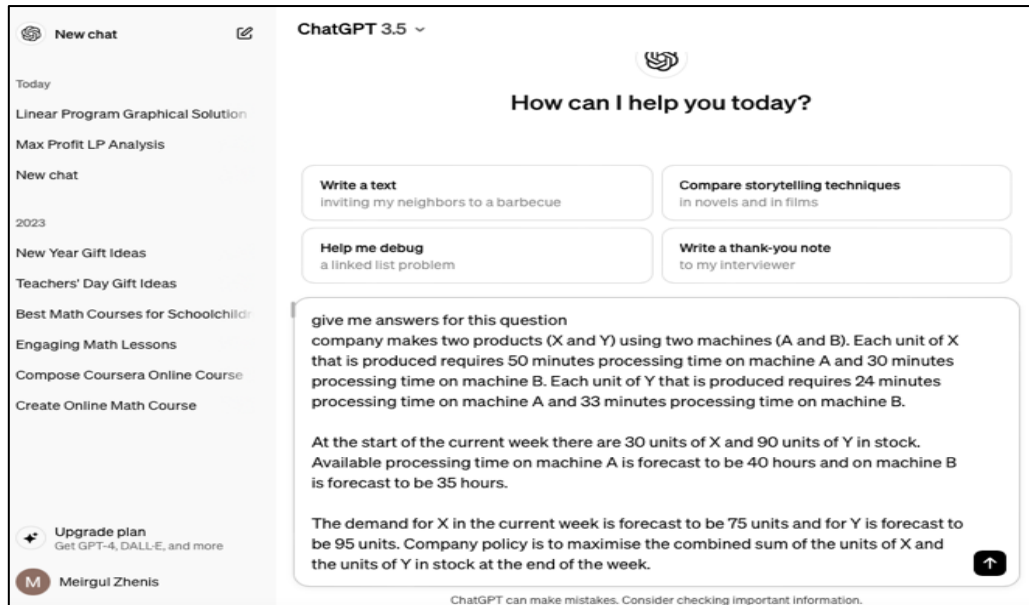
Сосын төменде көрсетілген қадамдар бойынша жұмыс жасаймыз.

1. <https://chat.openai.com/> кез келген іздеу жүйесіне терсек, 3- суретте көрсетілгендей терезе ашылады.



3 – сурет. ChatGPT тілқатысу терезесі

2. Іздеу жолына керек сұрақты ағылшын тілінде немесе орыс тілінде қоя аласыз, сұрақты ағылшын тілінде жаздық, 4 – суретте көрсетілген. Төмендегі суретте жоғарыдағы мысалға сұрақ қойылды



4 – сурет. Есеп бойынша берілген сұрақтың мысалы

3. Жасанды интеллект маған 5 – суретте бұл есепті графикалық тәсілмен шығарып көрсетілгендей жауап береді және оның жауабын сызықтық программалаудың әдістеріне салып шешсек дұрыс екенін байқаймыз

constraints:

- $50x + 24y \leq 2400$
- $30x + 33y \leq 2100$
- $x \geq 0$
- $y \geq 0$
- $x \geq 45$
- $y \geq 5$

First, we'll plot the lines for each of these constraints:

- $50x + 24y = 2400$
Slope-intercept form: $y = -\frac{50}{24}x + 100$
- $30x + 33y = 2100$
Slope-intercept form: $y = -\frac{30}{33}x + 2100/33 \approx -\frac{10}{11}x + 63.64$

Then, we'll plot the additional constraints $x \geq 45$ and $y \geq 5$.

Finally, we'll shade the feasible region.

Let's start plotting.

First, let's plot the lines for the constraints:

- $50x + 24y = 2400$ or $y = -\frac{50}{24}x + 100$
- $30x + 33y = 2100$ or $y = -\frac{30}{33}x + \frac{2100}{33} \approx -\frac{10}{11}x + 63.64$

Now let's plot these lines and constraints.

The first constraint $50x + 24y = 2400$ can be rewritten as $y = -\frac{50}{24}x + 100$. The second constraint $30x + 33y = 2100$ can be rewritten as $y = -\frac{30}{33}x + \frac{2100}{33} \approx -\frac{10}{11}x + 63.64$.

Now, let's plot these lines along with the additional constraints $x \geq 45$ and $y \geq 5$.

Let's start by plotting the line for the constraint $50x + 24y = 2400$. To do this, we can find two points on the line by setting $x = 0$ and solving for y , and setting $y = 0$ and solving for x .

When $x = 0$:

$$50(0) + 24y = 2400$$

$$24y = 2400$$

$$y = 100$$

So, the point $(0, 100)$ is on the line.

When $y = 0$:

$$50x + 24(0) = 2400$$

$$50x = 2400$$

$$x = 48$$

So, the point $(48, 0)$ is on the line.

Now, let's plot these points and draw the line

5 – сурет. Берілген жауап

For the constraint $50x + 24y = 2400$, the intercepts are found by setting x or y to 0:

When $x = 0$:

$$50(0) + 24y = 2400$$

$$24y = 2400$$

$$y = 100$$

So one point is $(0, 100)$.

When $y = 0$:

$$50x + 24(0) = 2400$$

$$50x = 2400$$

$$x = 48$$

So another point is $(48, 0)$.

Now, let's plot these points and draw the line.

Next, let's plot the line for the constraint $30x + 33y = 2100$. We'll find two points on this line using similar steps as before.

When $x = 0$:

$$30(0) + 33y = 2100$$

$$33y = 2100$$

$$y = \frac{2100}{33} \approx 63.64$$



When $y = 0$:

$$30x + 33(0) = 2100$$

$$30x = 2100$$

$$x = \frac{2100}{30} = 70$$

So, the point $(70, 0)$ is on the line.

Now, let's plot these points and draw the line.

For the constraint $30x + 33y = 2100$, let's find two points on the line.

When $x = 0$:

$$30(0) + 33y = 2100$$

$$33y = 2100$$

$$y = \frac{2100}{33} \approx 63.64$$

So one point is $(0, 63.64)$.

When $y = 0$:

$$30x + 33(0) = 2100$$

$$30x = 2100$$

$$x = \frac{2100}{30} = 70$$

So another point is $(70, 0)$.



Now, let's plot these points and draw the line.

6 – сурет. Келесі қадамы

4. Ары қарай осы шығарылған шешімнің графигін қалай салу керек екенін сұраймын, ол маған келесідей 7 - суреттегідей жауап берді.

1. The intersection of the lines representing the constraints $30x + 33y = 2100$ and $x = 45$.
2. The intersection of the lines representing the constraints $50x + 24y = 2400$ and $x = 45$.
3. The intersection of the lines representing the constraints $30x + 33y = 2100$ and $y = 5$.

Let's find the coordinates of these intersection points.

1. The intersection of the lines representing the constraints $30x + 33y = 2100$ and $x = 45$:

Substitute $x = 45$ into the first equation:

$$30(45) + 33y = 2100$$

$$1350 + 33y = 2100$$

$$33y = 750$$

$$y = \frac{750}{33} \approx 22.73$$

So, the first corner point is approximately $(45, 22.73)$.

1. The intersection of the lines representing the constraints $50x + 24y = 2400$ and $x = 45$:

Substitute $x = 45$ into the second equation:

$$50(45) + 24y = 2400$$

$$2250 + 24y = 2400$$

$$24y = 150$$

$$y = \frac{150}{24} = 6.25$$

So, the second corner point is $(45, 6.25)$.



7 – сурет. ChatGPT да берілген жауабы

Осы айтылған шешім бойынша графикті қолмен немесе кез келген график салуға арналған интернет платформаларға арнайы шектерін кіргізе отырып салуға болады.

Бірақ, жасанды интеллект соңғы жылдары ғана пайда болғандықтан ол көрсеткен шешімнің барлығы дұрыс деген сөз емес. Алайда статистикаға сүйенсек көп жағыдайда техникалық сұрақтарға дұрыс жауап алуға болады, ал ментальды сұрақтардың жауаптарын сараптамадан өткізу керек.

$f(x)=(x+y-50)$ функцияның максимумы, яғни аптаның соңында қоймада қалған бірліктердің санын көбейту үшін $x=45$, $y=6,25$ болу керек.

Көріп отырғанымыздай, мақсат функциясының мәні және оңтайлы шешім графикалық әдіспен және ChatGPT мен бірдей болып шығып тұр.

Осылайша, ол негізінен өндірістің тиісті кестесін және инвентарлық қорларды бақылауды қолдану, шикізатты ысырап етуді азайту, жұмысты мамандандырылған қызметкерлерге тапсыру және дұрыс тасымалдау маршруттарын қолдану және т.б. арқылы пайданы көбейтуге немесе шығындарды азайтуға қатысты нақты және сапалы шешімдер жасайды. Алайда ол шешімдерді жасау барысында сол өндірістік орында сызықтық бағдарламалауды білетін маман отыру керек. Бірақ көптеген шағын өндіріс орындарында ондай маманға төлем ақы жағынан ресурсы жетпеуі мүмкін. Ал жасанды интеллекті пайдалана отырып кез келген адам дұрыс сұрақ қоя отырып, сызықтық программалаудың шешіміне қол жеткізе алады, және жасанды интеллект графикалық тәсілмен сұрайсыз ба, симплекстік тәсілде шешуді сұрайсыз ба, барлығын толығымен көрсетіп бере алады. Бұл мақаланың негізі мақсаты да сол, қарапайым адамға, <https://chat.openai.com/> арқылы сызықтық программалаудың мәселелерді шешудің оңай әрі, қолжетімді тәсілін көрсету.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Dantzig G B, Thapa MN. Linear programming 1:Introduction. Springer-Verlag New York, Inc, 1997.
- 2.Srinath LN. *Linear Programming: Principles and applications. Second Edition*. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, 1983.
- 3.Bhattarai D. Linear programming problems: Determination of optimal value of real-life practical problems. *Nuta Journal*. 2018; 5(1-2): 79-86.
4. Интернет ссылака <https://chat.openai.com/>

ӘӨЖ 372.851:517.9

Жунусова Г.С., Сарсенбаева Б.Ж., Нурулбекова Ж.Н., Абжанова А.Т., Дукай Т., Мешелова Г.М. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс), Аменова Ф.С.(PhD, ШҚУ)

ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ ҚУАЛАУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ШЕШУ

Аңдатпа. Дифференциалдық теңдеулер қарапайым және дербес туындылы болуы мүмкін. Дифференциалдық теңдеулерге бастапқы немесе шекаралық шарттар қою арқылы Коши есебі, Нейман есебі сияқты есептер алынады. Жалпы, дифференциалдық теңдеулердің шекаралық есептерін шешудің универсал әдістері жоқ. Дегенмен, дифференциалдық теңдеулерге қойылған шекаралық есептерді шешудің аналитикалық әдістеріне қарағанда сандық әдістерінің есептеу математикасының дамуына байланысты қолданыс аясы кең. Шекаралық есептердің жуық шешімін алу үшін ақырлы-айырымдық есептер шешіледі.

Жұмыста шекаралық есептер үшін алынған ақырлы-айырымдық есептерді шешу үшін қолданылатын қуалау әдісінің математикалық сұрақтары зерттелген.

Түйін сөздер: шекаралық есептер, ақырлы-айырымдық есептер, үшдиагональды теңдеулер жүйесі, қуалау әдісі, қуалау коэффициенттері.

Дифференциалдық теңдеулер қазіргі математиканың үлкен және маңызды саласы болып табылады. Табиғат құбылыстарын зерттегенде, физикада, техникада, биологияда және басқа ғылымдарда көптеген есептерді шешу кезінде қандай да бір процесті сипаттайтын шамалар арасындағы тікелей байланысты орнату әрқашан мүмкін бола бермейді. Дегенмен, көп жағдайда функциялар мен олардың басқа тәуелсіз айнымалыларға қатысты өзгеру жылдамдықтары арасында байланысты орнатуға болады, яғни белгісіз функциялар туынды немесе дифференциалдық таңба астында пайда болатын теңдеулерді табуға болады. Мұндай теңдеулер дифференциалдық деп аталады [1].

Айта кету керек, көптеген жағдайларда әртүрлі құбылыстар бірдей дифференциалдық теңдеулер арқылы сипатталады. Физика мен техникадағы есептердің айтарлықтай саны дербес туындылы дифференциалдық теңдеулерге келтіріледі, басқаша айтқанда математикалық физика теңдеулеріне келтіріледі.

Дифференциалдық теңдеулерге тән қасиет - шешімдердің шексіз саны. Тәуелділіктердің шексіз жиынтығынан осы нақты процесті сипаттайтынын таңдау үшін қосымша ақпарат – қосымша шарт болуы керек, мысалы, процестің бастапқы күйін білу. Мұндай есептер бастапқы немесе шекаралық шарттармен байланысты есептер деп аталады. Мұндай есептер табиғат процестері мен құбылыстарын зерттеу кезінде пайда болатын маңызды есептер. Оларды шешудің әдістәсілдерін меңгере отырып, ғылым мен техниканың көптеген мәселелерін шешуге болады.

Қазіргі ғылым мен техниканың, математикалық аппараттың мүмкіндігіне қарай шектік есептерді шешудің аналитикалық әдістеріне қарағанда жуық шешімдерін табу өзекті ғылыми мәселе болып табылады. Жуық шешімдерді табудың ақырлы айырымдар әдісі осы орайда маңызды қызмет атқарады. Мұнда ізелінді функция, оның туындылары, берілген бастапқы шарттар дискретті белгілі бір облыста қарастырылады. Басқаша айтқанда тор құрылып, торлық есеп

шешіледі. Шектік есептер үшін құрылған айырымдық сұлба сызықтық немесе сызықтық емес алгебралық теңдеулер жүйесіне келтіріледі. Сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін шешудің де өзіндік ерекшеліктері болады. Біз жұмысымызда осы мәселелер аймағында зерттеулер жүргіземіз. Атап айтқанда айырымдық есептерді шешудің қарапайым да тиімді әдістерінің бірі - қуалау әдісін қарастырамыз [2].

Шекаралық есептерді ақырлы айырымдар әдісі арқылы шешу барысында келесі түрдегі үшдиагональды теңдеулер жүйесіне келеміз:

$$\begin{aligned} c_0 y_0 - b_0 y_1 &= f_0, \quad i = 0, \\ -a_i y_{i-1} + c_i y_i - b_i y_{i+1} &= f_i, \quad 1 \leq i \leq N-1, \\ -a_N y_{N-1} + c_N y_N &= f_N, \quad i = N. \end{aligned} \quad (1)$$

(1) жүйесі матрицалық формада келесі түрде жазылады:

$$AY = F, \quad (2)$$

мұнда $Y = (y_0, y_1, \dots, y_N)$ – белгісіздер, $F = (f_0, f_1, \dots, f_N)$ – берілген вектор-функция, $A - (N+1) \times (N+1)$ өлшемді квадрат матрица:

(1) алгебралық теңдеулер жүйесі екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеулерге қойылған шектік есептерді шешу үшін аппроксимациялау нәтижесінде пайда болады. Есепті шешу үшін оң жақтары әртүрлі болатын есептер тобын шешу керек.

(1) үшін үнемді бір әдіс Томас әдісі болып табылады. Басқаша айтқанда қуалау әдісі.

(1) жүйесінің матрицасы сирек, нөлдік емес элементтерінің жалпы саны $3N+1$, жүйенің матрицасы үшдиагональды, ол есептеуге өте қарапайым формулаларды береді. Қуалау әдісі кәдімгі біртіндеп жою әдісі - Гаусс әдісінің аналогы: алғашқы қадамда шекаралық шарттан алынған (1) жүйесінің бірінші теңдеуін пайдаланып $i = 1, 2, \dots, N$ (1.13) жүйесінің теңдеулерінен y_0 белгісізінен құтыламыз, содан соң $i = 2, 3, \dots, N$ үшін y_1 алынады, келесі қадамда $i = 3, \dots, N$ үшін y_2 алынады және т.с.с. әрекеттердің нәтижесінде y_N үшін бір теңдеу ғана қалады. Кері бағытта $i = N-1, N-2, \dots, 0$ үшін белгілі $y_{i+1}, y_{i+2}, y_{i+3}, \dots, y_N$ арқылы y_i табылады.

$\alpha_1 = \frac{b_0}{c_0}$, $\beta_1 = \frac{f_0}{c_0}$ десек (1) жүйесі:

$$\begin{aligned} y_0 - \alpha_1 y_1 &= \beta_1, \quad i = 0 \\ -a_i y_{i-1} + c_i y_i - b_i y_{i+1} &= f_i, \quad 1 \leq i \leq N-1, \\ -a_N y_{N-1} + c_N y_N &= f_N, \quad i = N, \end{aligned} \quad (1')$$

(1') алғашқы екі теңдеуінен $y_0 - \alpha_1 y_1 = \beta_1$, $-a_1 y_0 + c_1 y_1 - b_1 y_2 = f_1$,

Бұл алынған бірінші теңдеуді a_1 -ге көбейтіп, екіншісіне қосса:

$(c_1 - a_1 \alpha_1) y_1 - b_1 y_2 = f_1 + \alpha_1 \beta_1$, $c_1 - a_1 \alpha_1$ бөлсек:

$$y_1 - \alpha_2 y_2 = \beta_2, \quad \alpha_2 = \frac{b_1}{c_1 - a_1 \alpha_1}, \quad \beta_2 = \frac{f_1 + \alpha_1 \beta_1}{c_1 - a_1 \alpha_1} \quad (3)$$

Сонда «қысқартылған» жүйе алынады:

$$y_1 - \alpha_2 y_2 = \beta_2, \quad i = 1$$

$$-a_i y_{i-1} + c_i y_i - b_i y_{i+1} = f_i, \quad 1 \leq i \leq N-1, \quad (4)$$

$$-a_N y_{N-1} + c_N y_N = f_N, \quad i = N,$$

(4) жүйесінде y_0 жоқ. (4) жүйесінің шешімін тапса, онда y_0 табу үшін (1') алынған келесі формула пайдаланылады:

$$y_0 = \alpha_1 y_1 + \beta_1.$$

Содан соң (4) жүйеден y_1 алып тастаймыз, содан соң y_2 және т.с.с. ұқсас процесті жалғастыра отырып ℓ -ші қадамда $y_i, y_{i+1}, \dots, y_N$ үшін келесі қатынастар алынады:

$$y_\ell - \alpha_{\ell+1} y_{\ell+1} = \beta_{\ell+1}, \quad i = \ell$$

$$-a_i y_{i-1} + c_i y_i - b_i y_{i+1} = f_i, \quad \ell + 1 \leq i \leq N-1, \quad (5)$$

$$-a_N y_{N-1} + c_N y_N = f_N, \quad i = N,$$

$i \leq \ell - 1$ үшін y_i :

$$y_i = \alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad i = \ell - 1, \ell - 2, \dots, 0. \quad (6)$$

және α_1 және β_1 үшін:

$$\alpha_{i+1} = \frac{b_i}{c_i - a_i \alpha_1}, \quad \beta_{i+1} = \frac{f_i + a_i \beta_1}{c_i - a_i \alpha_1}, \quad i = 1, 2, \dots, \alpha_1 = \frac{b_0}{c_0}, \beta_1 = \frac{f_0}{c_0}.$$

(5) $\ell = N - 1$ десек, y_N және y_{N-1} үшін

$$y_{N-1} - \alpha_N y_N = \beta_N, \quad -a_N y_{N-1} + c_N y_N = f_N,$$

$$y_N = \beta_{N+1}, \quad y_{N-1} = \alpha_N y_N + \beta_N.$$

Бұларды (6) мен $\ell = N - 1$ біріктірсе, келесі формулалар алынады:

$$y_i = \alpha_{i+1}y_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad i = N - 1, N - 2, \dots, 0, \quad (7)$$

$$y_N = \beta_{N+1},$$

сонда рекурентті формулалар – ізделінді формулалар болып табылады:

$$\alpha_{i+1} = \frac{b_i}{c_i - a_i\alpha_i}, \quad i = 1, 2, \dots, N - 1, \alpha_1 = \frac{b_0}{c_0},$$

$$\beta_{i+1} = \frac{f_i + a_i\beta_i}{c_i - a_i\alpha_i}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \beta_1 = \frac{f_0}{c_0},$$

яғни қуалау әдісінің формулаларын алдық. α_i және β_i қуалау коэффициенттері деп аталады. Мұнда $Q = 8N + 1$ арифметикалық амалдар жасалынады.

Төменде қуалау әдісінің қолданысына мысалдар қарастырайық.

Мысал 1.

$$(k(x)u'(x))' - q(x)u(x) = -f(x), \quad 0 < x < l, \quad (8)$$

$$u(0) = \mu_1, \quad u(l) = \mu_2, \quad k(x) \geq c_1 > 0, \quad q(x) \geq 0. \quad (9)$$

түріндегі бірінші шектік есепті шешу керек [3].

Шешуі. Есепті шешу үшін ақырлы айырымдар әдісін қарастырайық. Ол үшін $0 \leq x \leq l$ облысында тор тұрғызайық.

$$\bar{\omega} = \{x_i \in [0, l], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad x_0 = 0, \quad x_N = l\}$$

Қадам $h_i = x_i - x_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$

(8)-(9) есебін аппроксимациялайық:

$$(ay_{\bar{x}})_{\bar{x},i} - d_i y_i = -\varphi_i, \quad 1 \leq i \leq N - 1, \quad (10)$$

$$y_0 = \mu_1, \quad y_N = \mu_2, \quad (11)$$

мұнда $d_i = q(x_i)$, $\varphi_i = f(x_i)$, және $k(x)$: $a_i = k(x_i - 0,5h_i)$.

(10) туынды келесі түрде анықталады:

$$(ay_{\bar{x}})_{\bar{x},i} = \frac{1}{h_i} \left(a_{i+1} \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}} - a_i \frac{y_i - y_{i+1}}{h_i} \right),$$

$\hbar_i = 0,5(h_i + h_{i+1}) - x_i$ орташа кадам үшін (10)-(11) есебін шешу үшін қуалау әдісін пайдаланамыз. Оны келесі түрде жазуға болады:

$$\begin{aligned} C_0 y_0 - B_0 y_1 &= f_0, & y &= 0, \\ -A_i y_{i-1} + C_i y_i - B_i y_{i+1} &= f_i, & 1 \leq i \leq N-1, \\ -A_N y_{N-1} + C_N y_N &= f_N, & i &= N. \end{aligned} \quad (14)$$

мұнда

$$\begin{aligned} B_0 &= A_N = 0, \quad C_0 = C_N = 1, \quad f_0 = \mu_1, \quad f_N = \mu_2, \quad f_i = \varphi_1, \\ A_i &= \frac{a_i}{\hbar_i \hbar_i}, \quad B_i = \frac{a_{i+1}}{\hbar_i \hbar_{i+1}}, \quad C_i = A_i + B_i + d_i, \quad 1 \leq i \leq N-1, \end{aligned} \quad (15)$$

ұндағы коэффициенттер үшін $a_i \geq c_i > 0, d_i \geq 0$, яғни берілген есепке қуалау әдісін қолдануға болады.

Бұл зерттеу нәтижелерін дифференциалдық теңдеулер және оларды шешу мәселелері аймағында жасалатын зерттеу жұмыстарында пайдалануға болады, дифференциалдық теңдеулерге қойылған шекаралық есептерді шешумен айналысатын зерттеушілер, математикаға деген қызығушылығы жоғары студенттер мен магистранттар үшін әдістеме ретінде де қызықты болады деген ойдамыз.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. - М.: Наука, 2013.
2. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - СПб: Лань, 2009. - 672 с.
3. Калиткин Н.Н., Альшина Е.А. Численные методы: в 2 кн. Кн. 1 Численный анализ. -М.: Академия, 2013. - 304 с.

УДК 669.046.516.2

Жәнібеков Е.С. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация. *Статья исследует различные методы оптимизации структуры урансодержащего топлива с целью обеспечения перспективных требований в ядерной энергетике. Рассматриваются современные вызовы и требования, стоящие перед ядерной промышленностью, включая повышение эффективности использования топлива, улучшение безопасности, снижение радиоактивных выбросов и обеспечение устойчивого развития. В статье анализируются различные подходы к оптимизации структуры урансодержащего топлива, включая изменение состава, микроструктуры, формы и размеров топливных элементов, а также применение новых технологий и материалов. Рассматриваются как классические, так и инновационные методы, их преимущества и ограничения. Представленный обзор имеет целью дать общее представление о современном состоянии исследований в области оптимизации структуры урансодержащего топлива и выделить направления для будущих исследований и разработок в этой области.*

Ключевые слова: *Уран, легирование, топливные таблетки, спекание топливных таблеток, порошки диоксида урана.*

На данный момент ключевой задачей при проектировании и реализации инновационных проектов по созданию перспективного ядерного топлива является обеспечение все более возрастающих требований к топливным таблеткам. Известно, что в процессе эксплуатации урансодержащего топлива на АЭС в условиях высокого выгорания топлива и облучения возможно снижение работоспособности ТВЭЛов вследствие: накопления повреждений оболочки и ее механического нагружения, коррозионных процессов и других причин, способствующих взаимодействию топливного сердечника и оболочки в стационарных и переходных режимах (ВТО). Снижение напряжений при ВТО минимизирует повреждения оболочки, что приводит к увеличению ресурса ТВЭЛ. Одним из вариантов снижения напряжений является использование топлива с низкой скоростью ползучести. Ползучесть поликристаллических материалов, в частности диоксида урана, обусловлена процессами деформации зерна, а также скольжения по границам зерен, при этом на вариabельность параметра «скорость деформации» влияет множество факторов: размер зерна, пористость, морфология границы зерен, примесный состав материала и наличие легирующих элементов.

Рассматривая параметр «размер зерна» следует отметить, что существует достаточно узкий интервал размеров зерна, в котором напряжения на оболочке минимальны. В случае малых значений размера зерен увеличивается выход газообразных продуктов деления топлива, что способствует повышению напряжения в оболочке. В случае размера зерна, превышающего критические значения, возможно снижение сопротивления к деформированию, что также является нежелательным фактором, так как может привести к охрупчиванию таблеток и дополнительным проблемам при производстве и эксплуатации

твэлов, обусловленных образованием трещин и сколов. Согласно оценкам специалистов для модифицированного диоксида урана с низким сопротивлением деформированию оптимальным является размер зерна в интервале 30–40 мкм.

В настоящее время для стабилизации технологических характеристик порошков и интенсификации в процессе спекания широко применяется операция легирования, представляющая собой внедрение в состав материала примесных соединений установленного состава. При производстве керамических изделий в технологическом процессе легирование используется с целью изменения химических и физических характеристик порошков в заданных интервалах, что способствует повышению качества промежуточных и конечных продуктов. При этом в ядерно-топливном цикле существуют ограничения по содержанию превалирующего количества примесей в порошках, тогда как значимое большинство химических соединений рекомендуется вводить в количествах, превышающих установленные пределы в нормативной документации, что накладывает определенные ограничения при их применении.

Соединения кремния и алюминия наиболее часто применяются в качестве легирующей добавки при производстве диоксида урана. Известно, что такие оксиды, как SnO_2 , SiO_2 и Al_2O_3 , нерастворимы в решетке диоксида урана и, следовательно, способны располагаться только в межзеренном пространстве, проявляя при этом поверхностную активность с ограничением процессов массопереноса.

Кроме использования кремния и алюминия в качестве легирующих добавок для диоксида урана, существуют и другие виды добавок, которые могут влиять на его свойства. Вот несколько из них: магний. Добавка магния может улучшить механические характеристики топливных таблеток и обеспечить стабильность при высоких температурах.

Цирконий: Цирконий может улучшить структурную стабильность и уменьшить вероятность образования трещин в оболочке таблеток.

Гадолиний: Гадолиниевые добавки могут управлять нейтронными свойствами топлива, что важно для регулирования реакции в реакторе.

Эти добавки могут варьироваться в зависимости от конкретных требований к топливу и условий эксплуатации. Каждая из них вносит свой вклад в общую производительность и безопасность атомных электростанций.

В случае введения в процесс получения порошка UO_2 кремния и алюминия в виде растворов, эффективность легирования многократно увеличивается, что обусловлено однородным распределением оксидов данных элементов на поверхности зерен диоксида урана.

В настоящее время в зависимости от способа ведения процесса классифицируются следующие типы легирования: поверхностное и объемное. В случае поверхностного легирования, целевые химические соединения наносятся на поверхностный слой частиц глубиной до 1 мм. Распределение легирующих соединений по всему объему материала свидетельствует об объемном легировании. При этом основополагающим моментом в процессе легирования является обоснование легирующего соединения.

При получении ядерно-керамического топлива с внедрением легирующих добавок возможны следующие способы: сухие, комбинированные и мокрые.

Легирование сухим способом [2], включает операции дозирования в порошок диоксида урана легирующей добавки (соединения), перемешивания, получения порции смеси порошков оксидов урана с легирующей добавкой, приготовления пресс-порошка, формование прессовок и их термообработки. В большинстве случаев в качестве легирующей добавки используют кремнийсодержащее вещество и соединения алюминия. Однако, обеспечить равномерное распределение сухих легирующих добавок в макрообъемах и микрообъемах таблеток достаточно проблематично. Наибольшая вариабельность состава возникает на этапе изготовления шихты, несколько снижаясь при гранулировании шихты. На этапе спекания прессовок флуктуации частично нивелируются, однако в спеченном топливе фиксируются легирующие добавки в виде отдельных фаз с локальной мелкозернистостью диоксида урана вокруг них, что подтверждает неравномерность состава порошковой смеси.

В варианте комбинированного способа легирующую добавку вводят в водную составляющую пластификатора в виде растворимых в воде соединений кремния и алюминия (силикат натрия или нитрат алюминия), с последующим получением однородной смеси порошков, изготовление пресс-порошка из полученной смеси, прессование таблеток, и дальнейшее термическое спекание и шлифование. Особенностью данного варианта является введение в диоксид урана активирующих добавок в жидкофазном состоянии, что приводит к изменению характера взаимодействия добавок с материалом матрицы топливной таблетки на различных стадиях производства. В частности, на стадии изготовления шихты в порошке диоксида урана легирующие оксиды кремния и алюминия распределены в виде отдельных частиц размером 40 мкм и менее. Основным преимуществом, комбинированного метода легирования порошков оксида урана является возможность управления процессами спекания, рекристаллизации и роста зерна порошков. Требуемый результат обеспечивается на стадии приготовления шихты высокой микрооднородностью распределения всех компонентов порошков между собой и на практике осуществляется путем экспериментального подбора оптимальных количеств добавок и соотношений между ними, соответствующих эвтектическому составу трехкомпонентной системы оксидов урана, алюминия и кремния, с варьированием режима спекания топлива (температура по зонам печи, длительность пребывания в высокотемпературной зоне, производительность, газовая среда, расход газа). Значительным и критическим недостатком является отсутствие стабильности размера зерна в порошках, низкая ядерная чистота топлива [3].

В случае, когда легирующая добавка добавляется в урансодержащий раствор легирование считается «мокрым». Предпочтительная форма легирующего соединения является нитрат, поскольку нитрат уранила, $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, обычно используется в АДУ-процессе. Такая схема смешения компонентов позволяет добиться нужной микрообъемной (10^{-8} - 10^{-9} см³) однородности легирующих элементов на стадии получения порошков и требует меньшего количества легирующей добавки [4].

Легирующие добавки, используемые в данном методе, способствуют повышению плотности, увеличению размера зерна и стабилизации порошка UO_2 . Полученный порошок, обладая высокой способностью к спеканию позволяет получать спечённые таблетки с плотностью более чем 97 % от теоретической плотности в течение одного часа в атмосфере H_2 при 1600 °С.

В АО «УМЗ» в процессе изготовления топливных таблеток опробовано несколько вариантов легирования, в том числе с применением «мокрой» схемы.

На основании результатов различных исследований установлено, что для нивелирования отклонений содержания легирующей добавки в потоке урансодержащих растворов необходимо осуществлять легирование посредством непрерывной подачи легирующей добавки в водную фазу операции рекстракции в автоматическом режиме, с расходом, обеспечивающим требуемое значение концентрации легируемой добавки в целевом растворе.

Изготовление порошков диоксида урана с равномерно распределенной легирующей составляющей позволило получить в цеховых условиях топливные таблетки с управляемой плотностью в заданном диапазоне значений и однородными зёрнами по всему объёму таблеток размером 25-35 мкм, при этом примесный состав диоксида урана соответствовал установленным требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 Божко Ю.В., Малыгин В.Б. Влияние структуры и состава на сопротивление деформированию диоксида урана //Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.

2 Патент RU2630898 «Способ изготовления таблеток ядерного топлива с использованием легирования» А. Фотин, В. Вахненко, Г. Шевченко, Ю. Русин, 2014.

3 Патент RU2376665 «Таблетка ядерного топлива высокого выгорания и способ ее изготовления» Кулешов А.В., Новиков В.В., Михеев Е.Н. и др., 20.12.2009.

4 Патент US4430276 «Способ изготовления стабильных топливных таблеток UO_2 » Kenneth C. RadfordJames M. Pope 1984.

УДК 669

Жұмабеков Т. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РАБОТУ БЕЗДИАФРАГМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Аннотация. Выход по току при электролизе хлормagneвoгo сырья является одним из основных показателей, определяющих не только технико-экономические показатели процесса в целом, но и характеризующих качественный уровень работы предприятия, правильность выбранного режима и применяемого оборудования, в первую очередь электролизеров. В процессе промышленной эксплуатации отмечено, что колебания значений выхода магния по току электролизеров хлормagneвoй схемы питания имеют четко выраженный характер, связанный с сезонными климатическими условиями (снижение температуры окружающей среды и абсолютной влажности). Основное влияние примесь титана оказывает на катодный процесс, при этом основным моментом является адсорбция мельчайших частиц титана в поверхностном слое капель магния, сидящих на катоде (пассивация).

Ключевые слова: магний хлористый, хлориды Fe, Ti, электролиз, осаждение, расплав, барботирование, электролит, илам, шлак, примесь, влажность, воздух.

Отмечено, что при понижении влажности воздуха в зимний период низшие хлориды титана в меньшей степени подвергаются гидролизу и практически не переходят в менее вредную для электролиза оксидную форму, что снижает показатели работы хлормagneвых электролизёров.

По статистике, абсолютная влажность воздуха зимой составляет 1,9–2,1 г/м³, что в 8 – 9 раз меньше абсолютной влажности воздуха в летние месяцы. Исследования показали, что в зимнее время, когда абсолютная влажность окружающего воздуха достигает минимальных пределов, в поступающем в отделение электролиза расплаве хлористого магния резко снижается содержание примеси MgO, которая является основным показателем гидролиза MgCl₂.

Исследования по искусственному повышению гидролиза за счёт обработки паром и барботажа расплава MgCl₂ сжатым воздухом показали, что при повышении содержания в расплаве примеси MgO на электролизёрах повышается выход по току. Вероятно, оксид магния взаимодействует с примесями низших хлоридов титана (TiCl₂, TiCl₃), переводит их в более пассивную и безвредную для электролиза оксидную форму, в виде которой титан переходит в шлак и извлекается из электролизёра.

В данной научно-исследовательской работе искусственное повышение примеси MgO осуществляли за счёт барботажа расплава MgCl₂ увлажнённым воздухом. Порядок осуществления операций по барботажу расплава MgCl₂ выглядел следующим образом: в транспортировочный ковш с расплавом MgCl₂ вводилась трубка из нержавеющей стали диаметром 32 мм, через которую подавался увлажнённый воздух. Воздух подавался через герметичную ёмкость, частично заполненную водой, подогретой до 50 °С с целью повышения его влажности. Расход воздуха при барботаже составлял 2 м³/ч. Схема увлажнения воздуха приведена на рисунке 1.

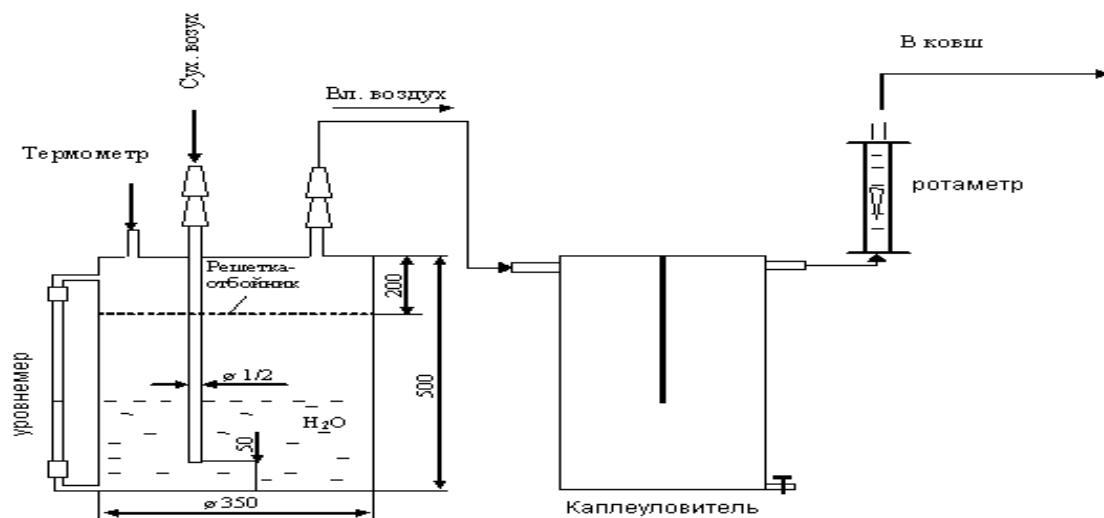


Рисунок 1 Установка для искусственного увлажнения хлорида магния.

Заглубление трубки в расплав производилось с таким расчётом, чтобы нижний конец трубки не доходил до подины ковша примерно на 200 мм. Время барботаж составляло 10 – 15 минут. После окончания барботажа ковш с расплавом отстаивался в течение 10 – 15 минут, затем расплав разливался по выделенным для опыта электролизёрам №№ 10, 11, 12, 13, 14, 15. При сливе из ковша в электролизёры расплава, пробарботированного увлажнённым воздухом, отбиралась проба расплава на определение содержания MgO , $Ti_{общ}$ и $Fe_{общ}$. Для сравнения изменения технологических показателей, выбранных для опыта «контрольных» электролизёров, были взяты электролизёры - сравнения №№ 4, 5, 6, 7, 8, 9, имеющие технологические показатели и срок эксплуатации подобные «контрольным» электролизёрам. Для определения эффективности использования расплава, пробарботированного увлажнённым воздухом, технологические показатели электролизёров и качество хлористого магния, поступающего в отделение электролиза, отслеживались не только в период проведения работ по искусственному увлажнению расплава $MgCl_2$, но и до обработки.

Таблица 1 – Метеорологические данные г. Усть-Каменогорск за 2022-2023 гг:

Параметр	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Температура воздуха, °С	-16,8	-14	-6	6,1	15,8	19,5	19,6	8,3	11,9	4,2	-5,5	-15,2
Абсолютная влажность воздуха, г/м ³	22	22,6	44,2	88,2	110,5	118,6	118,9	11	110,9	77,7	33,9	A3

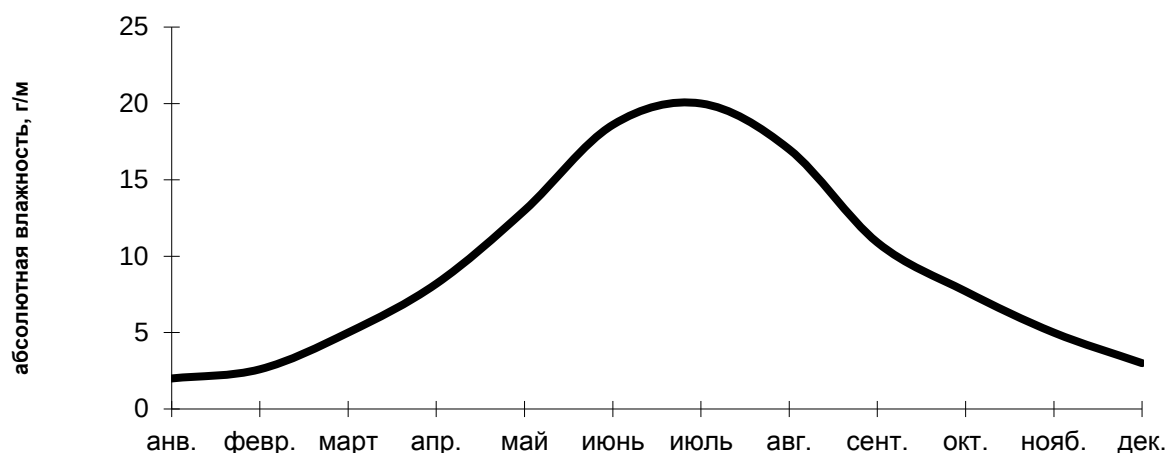


Рисунок 2 - Изменение абсолютной влажности воздуха в течение календарного года.

Из приведённых данных видно, что в зимние месяцы абсолютная влажность имеет минимальные значения от 2 до 4 г/м³. Анализ хлористого магния показывает, что в этот период происходит снижение примеси MgO в расплаве MgCl₂.

Проанализировав качество хлористого магния на содержание других примесей видно, что в период барботажа на 0,0002 % уменьшилось содержание титана, содержание железа не изменилось. Хотя в расплаве MgCl₂, который не подвергался барботированию, содержание железа увеличилось на 0,0001 %.

По результатам проведённых исследований видно, что за период искусственного увлажнения расплава MgCl₂ получено увеличение выхода по току на "контрольных" электролизерах на ~ 1 %.

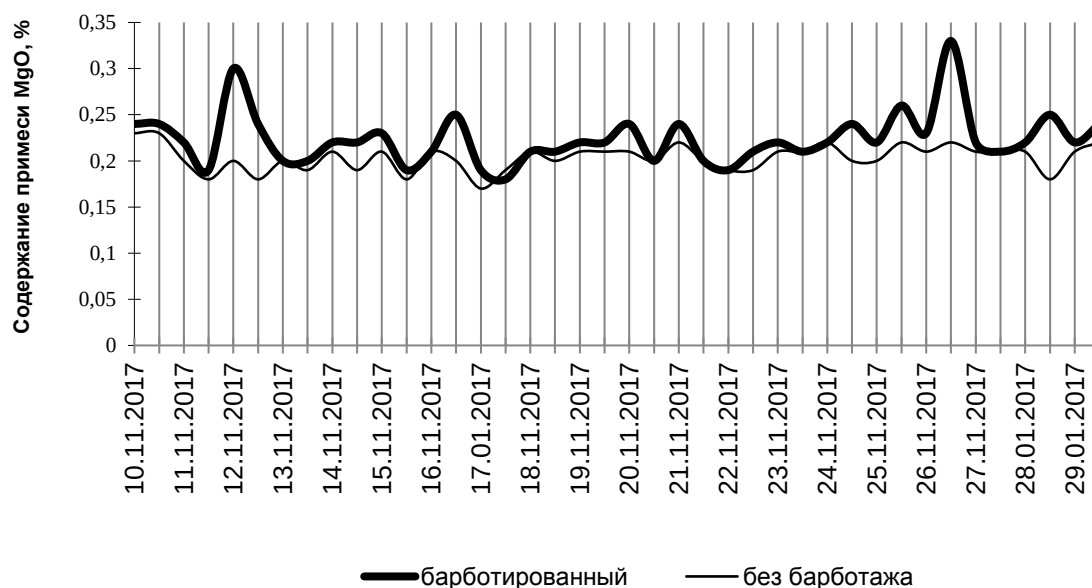


Рисунок 3 - Содержание примеси MgO в расплаве MgCl₂ в период

Изначально выход по току на «контрольных» электролизёрах и электролизёрах «сравнения» был одинаковым и в среднем составлял 70 %, но в период барботирования расплава MgCl_2 увлажнённым воздухом выход по току на электролизёрах "сравнения" снизился. В итоге, после проведения испытаний по барботажу расплава MgCl_2 увлажнённым воздухом, выход по току на "контрольных" электролизёрах относительно электролизёров "сравнения" стал выше на 2 %.

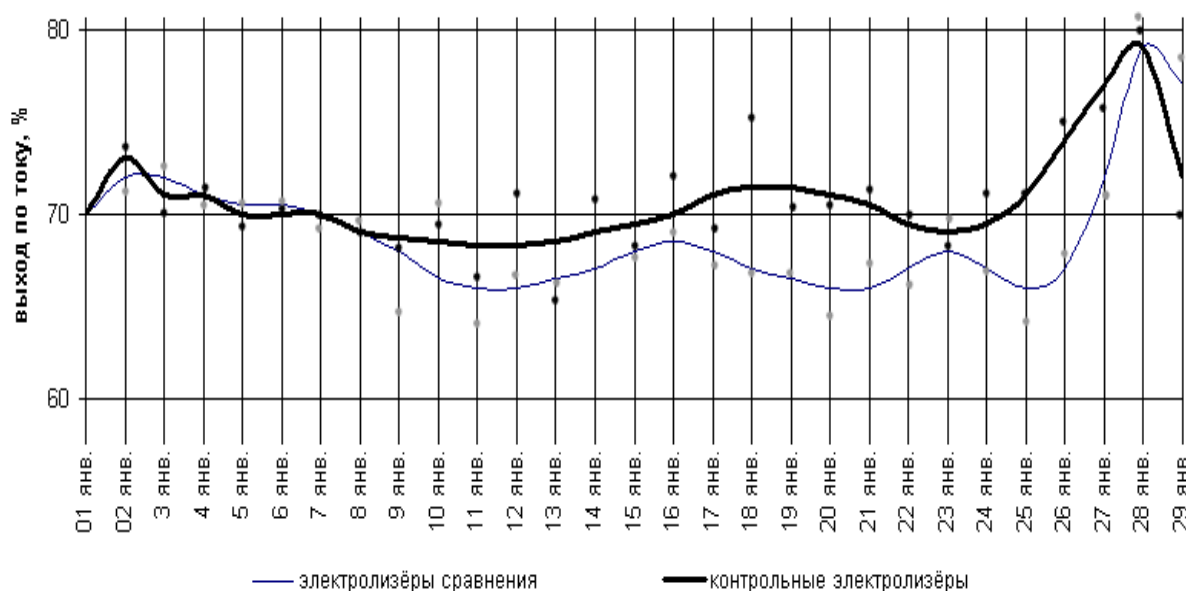


Рисунок 4 - Изменение выхода по току на контрольных и электролизёрах-сравнения до барботажу и в период проведения барботажу

Так же это можно проследить на графическом изображении изменения выхода по току на "контрольных" электролизерах и электролизерах "сравнения" за весь отслеживаемый период их работы. На рисунке 1.3 видно, что при изменении содержания примеси MgO в среднем от 0,17 % до 0,28 % выход по току изменялся в пределах 65 – 77 %.

Таким образом, механизм потерь магния при электролизе непосредственно связан с выбором рационального состава электролита. По данным заводской практики, катодный выход по току может колебаться в пределах 70-90 %. Потери тока или металла складываются из электрохимического разряда примесей и контактного выделения их на каплях магния с последующим увлечением магния в шлам выделившейся примесью, взаимодействия капель магния и растворенного магния с газообразным и растворенным хлором, окисления капель магния и растворенного магния с футеровкой электролизера, потерь мелких капель магния с отработанным электролитом, выделения щелочных металлов при обеднении электролита хлористым магнием.

Анализируя полученные результаты, наблюдаем что влажность воздуха положительно влияет на скорость осаждения примесей титана в шлам. Такое уменьшение концентрации соединений титана согласуется с выводами, приведенными в опыте искусственного гидролиза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лебедев О. А. Производство магния электролизом. – М.: Металлургия, 1988. – 287 с.
2. И.В. Забелин, Д.М. Хабров. Аннотация по контракту № 30/06 ". Анализ работы электролизеров СВО и подготовка технических предложений, направленных на совершенствование конструкции электролизеров СВО". Государственный научно исследовательский и проектный Институт Титана
3. Мужжавлев, К. Д. Влияние влажности воздуха на выход по току при электролизе хлористого магния титанового производства [Текст] / К. Д. Мужжавлев, Н. А. Франтасьев, В. Г. Гопиенко и др. // Цветные металлы. — 1984. — № 8. — С. 62—64.
4. Бачурский, Д.В. Экспериментальное изучение влияния влажности воздуха на осаждение частиц оксида магния и соосаждение соединений титана в расплавленном хлориде магния [Текст] / Д.В. Бачурский, Н.П. Криворучко, И.Ф. Червонный // Металлургия
5. Николаев И.В., Москвитина В.И., Фомин Б.А. Металлургия легких металлов. М.: Металлургия, 1997. – 432 с.

ӘӨЖ 372.851:514

Загиялова Д.Р., Босмоинова Н.А., Жаныбек Г.С., Закариянова Н.Н., Лауенов Е.Е. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс), Аменова Ф.С.(PhD, ШҚУ)

ВЕКТОРЛЫҚ ТӘСІЛ АРҚЫЛЫ АЛГЕБРАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ

***Аңдатпа.** Векторлық әдіс пәнаралық, пәнішілік байланыстарды жақсы бейнелейтін, дәстүрлі емес, практикалық қолданыс аясы ауқымды әдістердің қатарынан орын алады. Векторлық әдісті қолданып көптеген планиметриялық және стереометриялық, алгебралық, физикалық есептерді ұтымды түрде шешуге болады. Бізге алгебралық есептерді шығару кезінде векторды пайдалану мүмкіндігін табу қызықты болды. Жұмыста мектеп курсының векторлық әдісті қолдану арқылы шығарылатын теңсіздіктерді дәлелдеу, теңдіктерді дәлелдеу, теңдеулерді және олардың жүйелерін шешу сияқты алгебралық есептерді шешуді шешуге мысалдар келтіріліп, оларды шешудің әдістемелік мәселелері қарастырылған.*

***Түйін сөздер:** векторлық тәсіл, алгебралық есептер, теңсіздіктер, теңдеулер, координаталар.*

19 ғасырдың соңында векторлық есептеулер математиканың дербес саласына айналады [1]. Мектептегі геометрия курсына «Векторлар» тақырыбы негізгі тақырыптардың бірі болып табылады [2]. Векторлар мектепте салыстырмалы түрде жақында ғана зерттеле бастады, бүгінгі таңда мектептегі геометрия курсына вектор ұғымын енгізу ғылыми және әдістемелік тұрғыдан дұрыс қадам болып табылды. Вектор ұғымы және оның амалдары көптеген алгебралық, геометриялық есептерді шешуде және теоремаларды дәлелдеуде қолданылады. Университет геометрия курсы да векторлық алгебраны оқудан басталатынын және сызықтық алгебра, аналитикалық және дифференциалдық геометрия курсының көптеген мәселелері векторлық әдіспен шешілетінін білеміз. Білім алушылардың көпшілігі «Векторлар» тақырыбы бойынша білім деңгейінің төмендігін көрсетеді. Бұған себептердің бірі – векторлардың қолданысына жеткілікті түрде мысал есептердің қарастырылмауы деуге болады. Білім алушы оқытушымен бірге, содан соң өз бетімен векторлар жайлы білім-біліктерді пайдаланатын қолданбалы есептерді шығарып, жаттығатын болса, «Векторлар» тақырыбы бойынша білім деңгейінің артатындығы сөзсіз. Десек те, бұл мәселе біржақты көзқарасты бермейді және де векторларды оқытуда әдістемелік мәселе болып қала бермек.

Векторлар тақырыбы мектеп курсына негізгі мектеп курсына және орта мектепте жоғарғы сыныптарда, яғни екі рет оқытылады. Алғашқыда, физика курсының қажеттілігіне байланысты бұл тақырып негізгі мектепте оқытыла бастады. Сөйтіп, векторлар тақырыбы физика мен математика арасындағы пәнаралық байланыста маңызды қызмет атқарады. Жазықтықтағы, сондай-ақ кеңістіктегі векторлар мен координаталарды оқыту арқылы қозғалыс жылдамдығын анықтаудың қарапайым есептерін шешуге болады.

Векторлар тақырыбы орта мектептің геометрия курсына пәнаралық және пәнішілік байланыстарды жүзеге асыруға, оқушылардың білімін жүйелеуге және оқушылардың тәжірибесін байытуға бағытталған.

Векторлық әдіс – теңсіздіктерді, теңдіктерді дәлелдеу, теңдеулер мен олардың жүйелерін шешу сияқты көптеген алгебралық есептермен қатар, геометриялық есептерді шешудің және көптеген теоремаларды дәлелдеудің күшті және талғампаз әдісіне айналды.

Көптеген математикалық есептерді шешудің бірнеше тәсілі бар. Оригинал шешімдерді табу көбінесе ұзақ және тынымсыз жұмыстың нәтижесі болып табылады. Есепті әртүрлі тәсілдермен шығара білу – жақсы математикалық дайындықтың бір белгісі. Көрнекі геометриялық интерпретацияларға негізделген әдістерді қолдана отырып, алгебралық есептерді шешу жолдары бар.

Үш өлшемді кеңістіктегі $\vec{a}$ векторы үш координат a_1, a_2, a_3 сипатталады және оның модулі (ұзындығы) $|\vec{a}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$ формуласымен есептеледі.

Векторларды қосқанда олардың сәйкес координаталары қосылады, ал векторды санға көбейткенде оның барлық координаталары осы санға көбейтіледі, яғни

$$\{a_1; a_2; a_3\} + \{b_1; b_2; b_3\} = \{a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3\}$$

және де

$$\lambda\{a_1; a_2; a_3\} = \{\lambda a_1; \lambda a_2; \lambda a_3\}.$$

Екі нөлдік емес векторлар бір түзудің бойында немесе параллель түзудің бойында жатса, коллинеар деп аталады. Коллинеар векторлар үшін сәйкес координаталар пропорционал болады.

$\vec{a}\{a_1; a_2; a_3\}$ және $\vec{b}\{b_1; b_2; b_3\}$ векторлары үшін $|\vec{a}| + |\vec{b}| \geq |\vec{a} \pm \vec{b}|$ теңсіздігі дұрыс. Бұл формула үшбұрыш теңсіздігі деп аталады. Теңдік векторлар коллинеар болғанда орынды.

$\vec{a}\{a_1; a_2; a_3\}$ және $\vec{b}\{b_1; b_2; b_3\}$ векторларының скаляр көбейтіндісі

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos \alpha,$$

мұндағы α – $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының арасындағы бұрыш.

$\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының координаталар арқылы скалярлық көбейтіндісі:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3.$$

Теңсіздіктерді, теңдіктерді дәлелдеуге, теңдеулерді және олардың жүйелерін шешуге берілген алгебралық есептерді векторлардың көмегімен шешуге болады. Бұл әдістемеде кеңінен қолданылатын әдістердің бірі болып табылады.

Векторлық тәсілді қолдану арқылы шешілетін есептердің мысалдарын қарастырайық.

Мысал 1. Егер де $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ болса, онда

$$\sqrt{x^4 + 1} + \sqrt{y^4 + 1} + \sqrt{z^4 + 1} \geq \sqrt{10}$$

теңсіздігінің орынды екендігін дәлелдеу керек [3].

Дәлелдеуі. Жазықтықта келесі векторларды қарастырамыз:

$$\vec{a}\{x^2; 1\}; \vec{b}\{y^2; 1\}; \vec{c}\{z^2; 1\}.$$

$$\text{Онда } |\vec{a}| = \sqrt{x^4 + 1}, \quad |\vec{b}| = \sqrt{y^4 + 1}, \quad |\vec{c}| = \sqrt{z^4 + 1}.$$

$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ болсын, онда

$$|\vec{d}| = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^2 + (1 + 1 + 1)^2} = \sqrt{1 + 9} = \sqrt{10}$$

және де

$$|\vec{d}| \leq |\vec{a}| + |\vec{b}| + |\vec{c}|.$$

Соңғы теңсіздікке векторлардың ұзындықтарының өрнектерін қойсақ, дәлелдеу қажет ететін теңсіздікті аламыз.

Яғни

$$\sqrt{x^4 + 1} + \sqrt{y^4 + 1} + \sqrt{z^4 + 1} \geq \sqrt{10}.$$

Мысал 2. Келесі теңсіздікті дәлелдеу керек:

$$\sqrt{(6-x)^2 + 4} + \sqrt{(x-2)^2 + 1} \geq 5.$$

Шешуі. Жазықтықта келесі векторларды қарастырамыз:

$$\vec{a}\{6-x; 2\}; \vec{b}\{x-2; 1\}.$$

Онда

$$|\vec{a}| = \sqrt{(6-x)^2 + 4}, \quad |\vec{b}| = \sqrt{(x-2)^2 + 1}.$$

$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ болсын, онда

$$\vec{c}\{6-x+x-2; 2+1\}, \text{ яғни } \vec{c}\{4; 3\}, \quad |\vec{c}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5.$$

$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ болғандықтан үшбұрыш теңсіздігі орын алады:

$$|\vec{c}| \leq |\vec{a}| + |\vec{b}| \text{ немесе } |\vec{a} + \vec{b}| \leq |\vec{a}| + |\vec{b}|.$$

Осы теңсіздікке бұрын алынған өрнектерді ауыстырсақ, мынаны аламыз:

$$\sqrt{(6-x)^2 + 4} + \sqrt{(x-2)^2 + 1} \geq 5. \text{ Дәлелденді.}$$

Және де берілген жүйемен салыстыра отырып, келесі қатынасты аламыз:

$$\sqrt{(6-x)^2 + 4} + \sqrt{(x-2)^2 + 1} = 5,$$

$$\text{Бұл дегеніміз } |\vec{a} + \vec{b}| = |\vec{a}| + |\vec{b}|$$

Мысал 3. Келесі жүйені шешу керек [3]:

$$\begin{cases} \sqrt{(x+2)^2 + y^2} + \sqrt{(x-2)^2 + y^2} = 4 \\ x^2 + y^2 - 6x + 5 = 0 \end{cases}.$$

Шешуі.

Жазықтықта келесі векторларды қарастырайық:

$$\vec{a}\{x+2; y\}; \vec{b}\{x-2; y\},$$

Онда

$$|\vec{a}| = \sqrt{(x+2)^2 + y^2}, \quad |\vec{b}| = \sqrt{(x-2)^2 + y^2}.$$

$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$ болсын, онда

$$\vec{c}\{x+2-x+2; y-y\}, \quad \vec{c}\{4; 0\}, \quad |\vec{c}| = 4.$$

Онда жүйенің бірінші теңдеуі келесі түрде болады: $|\vec{a}| + |\vec{b}| = |\vec{c}|$, бұл дегеніміз $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының коллинеарлы екендігін білдіреді және де келесі қатынас орынды болады $\frac{x+2}{x-2} = \frac{y}{y}$. Егер де $y \neq 0$, онда $\frac{x+2}{x-2} = 1$ теңдеудің шешімі жоқ.

$y = 0$ болсын. Берілген жүйеге қоя отырып, келесі қатынасты аламыз:

$$\begin{cases} |x+2| + |x-2| = 4 \\ x^2 - 6x + 5 = 0 \end{cases}. \text{ бұдан } x = 1.$$

$|\vec{a}| + |\vec{b}| = |\vec{a} - \vec{b}|$ болғандықтан $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторлары қарама-қарсы орналасқан. Ендеше $x = 1$ үшін келесі теңсіздіктің орындалуы шарт: $\frac{x+2}{x-2} < 0$. (орындалады).

Жауабы: $x = 1, y = 0$.

Мысал 4.

$$s = |y| \cdot \sqrt{1 - x^2} + \sqrt{16 - y^2} \cdot |x|$$

өрнегінің ең үлкен және ең кіші мәндерін табу керек [4].

Шешуі. Жазықтықта келесі векторларды қарастырайық:

$$\vec{a}\{|y|; \sqrt{16 - y^2}\}; \vec{b}\{\sqrt{1 - x^2}; |x|\},$$

онда $|\vec{a}| = 4, |\vec{b}| = 1$.

$s = \vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos \alpha$, мұнда α дегеніміз $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының арасындағы бұрыш. $\cos \alpha \leq 1$ болғандықтан, $s \leq |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| = 4$.

Егер де $x = 1; y = 0$ десек, бұл жағдайда векторлар бағыттас болады, онда $s = 4$.

Жауабы: $s = 4$.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Александрова Н.В. История математических терминов, понятий, обозначений: Словарь-справочник. - СПб.: ЛКИ, 2008. -248с.
2. Атанасян Л. С. Геометрия. 10-11 классы. Базовый и профильный уровни. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. / Под науч.рук. Тихонова А. Н. [Просвещение](#), 2019.-259 с.
3. Буслаева М. В. Методы решения геометрических задач средствами линейной алгебры. М. В. Буслаева, Л. А. Бровкина, А. С. Колпаков, В. А. Смирнова. Санкт-Петербург; Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; 2011
4. Супрун В.П. Математика для старшеклассников: Нестандартные методы решения задач. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. -268с.

ӘӨЖ 372.851:514

Загиялова Д.Р., Сарсенбаева Б.Ж., Жунусова Г.С., Нурулбекова Ж.Н. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс), Аменова Ф.С. (PhD, ШҚУ)

ВЕКТОРЛАРҒА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АМАЛДАРДЫ ОҚЫТУ

Аңдатпа. Вектор ұғымы негізгі мектептің геометрия курсына, алдымен, физикалық ұғымдарды меңгеру үшін «тең векторлар», «қарама-қарсы векторлар», «бірдей бағытталған векторлар» сияқты ұғымдарды беруден бастап оқытылады. Кейіннен кеңістіктегі векторлар және оларға қолданылатын амалдарды: векторларды қосу, азайту, векторларды санға көбейту, векторлардың скалярлық көбейтіндісі сияқты амалдарды оқыту арқылы жалғасытырылады. Жұмыста векторларға қолданылатын амалдарды мектеп оқулықтарында қалай енгізілгені, оны қалай ұтымды түрде оқытуға болатындығы жайлы мәселелер қозғалып, олар мысалдар арқылы қарастырылған. Векторларды қосу, азайту және санға амалдарымен қатар, векторлардың теңдігі қарастырылған.

Түйін сөздер: векторларға амалдарды оқыту, векторлар, тең векторлар, векторларды санға көбейту, скалярлық көбейтінді.

Векторлардың теңдігін зерттеу әдістемесі.

Шыныбеков А.Н., Атанасян Л.С. және басқалардың оқулығында векторлардың теңдігінің келесі анықтамасы қолданылады: Векторлар бағытталған және олардың ұзындықтары тең болса, онда векторлар тең деп аталады [1].

Тұяқов Е.А., Смирнов В.А., Погорелов А.В. оқулығында векторлардың теңдігі параллель тасымалдау арқылы анықталады: Екі вектор параллель тасымалдау арқылы біріктірілсе, онда векторлар тең деп аталады [2].

Бірінші және екінші жағдайда да тең векторлар түсінігін енгізудің алдында бірдей бағытталған және қарама-қарсы бағытталған векторлар және вектор ұзындығы ұғымдарын қарастыру керек. Қарсы бағытталған векторларды суреттеу үшін көрнекі материалды (модельдер, диаграммалар және т.б.) пайдалану керек. Төмендегі түрдегі жаттығуларды қолдану осы ұғымдарды меңгеруді жеңілдетеді:

1. Тең қабырғалы трапецияны сал: а) оның төбелері арқылы анықталатын және ұзындығы бірдей векторлар бар ма? б) Трапецияның төбелерін неше жұп бағытталған векторлар анықтайды?

2. Параллелограммның төбелерін неше жұп кодирекциялық (қарсы бағытталған) векторлар анықтайды?

3. Берілген тұжырымдар дұрыс па: $\overrightarrow{AB}$ және $\overrightarrow{CD}$ векторлары бағыттас болса, онда $\overrightarrow{ABAB}$ мен $\overrightarrow{CDCD}$ векторлары тең бе?

4. Параллелограмм сызыңыз, оның төбелерін белгілеңіз және басы мен соңы параллелограммның төбелері болатын барлық тең векторларды жазыңыз.

5. $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторлары коллинеар. Осыдан $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторлары тең болады ма? Егер жоқ болса, онда $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының теңдігі шығатындай шартты өзгертіңіз.

Берілген жаттығулар оқушыларға тең векторлардың қасиеті мен таңбасын өрнектейтін теоремаларды өздері құрастыруға мүмкіндік береді.

1) Теорема (белгі) Екі вектор тең, егер олар бірдей бағытталған және абсолютті мәні бойынша тең болса.

2) Тең векторлардың сәйкес координаталары тең болады.

3) Керісінше: векторлардың сәйкес координаталары тең болса, онда векторлары тең болады.

Векторларға қолданылатын амалдарды зерттеу әдістемесін қарастыру кезінде мектепте оқытылатын векторлармен жасалатын негізгі амалдарға векторларды қосу, векторларды азайту және векторды санға көбейтулерді, алдымен, қарастырыған жөн.

Векторлардың қосындысы, вектордың санға көбейтіндісі, векторлардың скаляр көбейтіндісі осы векторлардың координаталары арқылы анықталады.

Берілген $\vec{a}\{a_1; a_2\}$ және $\vec{b}\{b_1; b_2\}$ векторларының қосындысы деп $\vec{a}\{a_1; a_2\} + \vec{b}\{b_1; b_2\} = \vec{c}\{a_1 + b_1; a_2 + b_2\}$ векторы аталады.

Векторлар қосындысын анықтаудан, векторлардың теңдік белгісінен және нақты сандарды қосу қасиеттерінен векторларды қосудың барлық қасиеттері шығады. Векторлар қосындысының бұл анықтамасы векторларды қосудың қасиеттерін негіздеуді жеңілдетеді, бірақ ол берілген екі вектордың қосындысын құру тәсілін көрсетпейді. Келесі теорема осындай әдістердің бірін береді [3]:

Теорема. А, В, С нүктелері қандай болса да келесі қатынас орынды болады:

$$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC}.$$

Теореманы дәлелдеу барысында келесі формуланың ақиқат екендігі анықталады: $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC}$ бұл векторларды қосу үшін «үшбұрыштар ережесі» деп аталады.

Сәйкес тапсырмаларды орындау арқылы векторларды қосу заңдарын зерттеуден бастауға болады. Мысалы, үш О, А, В нүктелері бір түзудің бойында жатпайтыны белгілі.

$\overrightarrow{OA}$ және $\overrightarrow{OB}$ векторларының қосындысын келесі екі ереже бойынша салу керек:

а) $\overrightarrow{OA}$ векторын $\overrightarrow{OB}$ векторына қосу; б) $\overrightarrow{OB}$ векторын $\overrightarrow{OA}$ векторына қосу.

Бұл жұмысты екі тәсілмен орындау нәтижесінде алынған нәтижелерді салыстыра отырып, оқушылар мынадай қорытындыға келеді: бірдей векторлық қосынды алынады.

Демек, векторларды қосу үшін коммутативті заң қолданылады. Сәйкес теореманың дәлелін оқушыларға оқулықта оқып, содан кейін оны тақтаға және дәптерге жазуды ұсынуға болады.

Векторларды қосудың ауыстырымдылық қасиеті екі вектордың қосындысын құрудың екінші әдісін, яғни «параллелограмм ережесін» негіздейді, ал ассоциативті қасиеті бірнеше векторларды қосу ұғымын енгізуге мүмкіндік береді.

$\vec{a}\{a_1; a_2\}$ және $\vec{b}\{b_1; b_2\}$ векторларының айырмасы $\vec{c}$ векторы деп келсе шартты қанағаттандыратын векторды айтамыз: $\vec{c} + \vec{b} = \vec{a}$. $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$ болады, онда $c_1 = a_1 - b_1$, $c_2 = a_2 - b_2$

Екі вектордың айырымын қалай салу керектігін көрсету үшін оқушылармен бірге есеп шығаруға болады: Бастары ортақ векторлар берілген: $\overrightarrow{AB}$ және $\overrightarrow{AC}$. Дәлелдеу керек: $\overrightarrow{AC} - \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{BC}$.

Бұл есептің шешімі екі вектордың айырмасын құру ережесін береді. $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының айырмасына тең векторды салу үшін оларды бір нүктеден сызу керек, содан кейін шегерілетін вектордан шегеретін векторға бағытталған вектор $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторларының айырмасы болады.

Погорелов А.В. вектордың координаталары арқылы векторды санға көбейту ұғымын да береді.

$\vec{a}\{a_1; a_2\}$ векторы мен l санының көбейтіндісі деп $\vec{a}\{a_1; a_2\}$ векторының координаталарын l санына көбейткенде пайда болатын вектор болып табылады.

Содан кейін вектор мен санның көбейтіндісін салу үшін жаттығулар орындалады:

- 1) $OA(4; 5)$ векторының а) 2 санына көбейтіндісін салу керек; б) -3; в) 0; г) 5; д) -1,5.

Осы типтегі жаттығуларды орындау барысында оқушылар $\overrightarrow{OA}$ векторын мен l векторы $\overrightarrow{OA}$ векторлары бір түзудің бойында жатқанын және олардың бағыттары $l > 0$ болса сәйкес келетінін, $l < 0$ болса қарама-қарсы болатынын байқауы мүмкін.

Векторлар жиынының ішінде берілген вектордың белгілі бір санға көбейтіндісі болып табылатындарды тану жаттығулары пайдалы.

2) $a(3; 5)$, $b(-2; -10)$, $c(0; 1)$, $d(-2; 4)$, $e(3; 6)$ векторларының ішінде көбейтіндісі $m(1; 2)$ векторын белгілі бір санға көбейткеннен пайда болатынын көрсетіңіз.

Вектор мен санның көбейтіндісінің координаталық анықтамасы векторды санға көбейтудің барлық қасиеттерін негіздеуді жеңілдетеді. Бірақ ол берілген сан бойынша берілген вектордың көбейтіндісін салу тәсілін қамтамасыз етпейді. Шыныбеков А.Н. векторлар қосындысына мынадай анықтама береді:

Жазықтықтың еркін A нүктесін белгілеп, одан B -ға бағытталған кесінді $\vec{a}$ векторын салайық. Содан кейін B нүктесінен C нүктесіне бағытталған кесіндіні $\vec{b}$ векторын саламыз A нүктесінен C нүктесіне бағытталған кесінді AB және BC бағытталған кесінділердің қосындысы $\vec{a}$ мен $\vec{b}$ векторларының қосындысы деп аталады. Осы жолмен енгізілген бағытталған кесінділерді қосу $\vec{a}$ мен $\vec{b}$ векторларының қосу аксиомаларын қанағаттандырады [2].

Векторлар қосындысының бұл анықтамасы жақсы айқындыққа ие және материалдық нүктенің қозғалысының мысалын қарастыру арқылы оңай дәлелдеуге болады. Дегенмен, векторларды қосудың қасиеттерін және векторлардың таңдалған нүктеден тәуелсіздігін негіздеу қиын.

Авторлар векторларды азайтуды қосудың кері әрекеті ретінде анықтайды. Мұнда кез келген теорема маңызды орын алады.

a және b векторлары үшін келесі қатынас жарамды: $a - b = a + (-b)$. Бұл теорема векторлардың айырымын тұрғызу жолын береді: b векторын a векторынан алу үшін векторы b векторына қарама-қарсы $-a$ векторын қосу керек.

Оқушылар a және b векторларының айырмасын a және $(-b)$ векторларын қоспай-ақ табуға болатынына назар аударуы керек.

Оқушылармен a және b векторларының айырмасын табу алгоритмін құруға болады:

1) бір нүктеден a және b векторларын салыңыз;

2) басы b векторының ұшымен, ал соңы a векторының ұшымен сәйкес келетін векторды салу;

3) салынған вектор қажетті $a - b$ векторы.

Оқулықта нөлдік емес a векторының k санына көбейтіндісі ұзындығы $|k|$ -ға тең b векторы болып табылады. a және b векторлары $k > 0$ болғанда бірге бағытталған және $k < 0$ болғанда қарама-қарсы бағытталған. Кез келген санға нөлдік вектордың көбейтіндісі нөлдік вектор болып саналады. Векторды санға көбейтудің қасиеттері оқулықта дәлелденбеген. Көбейтіндісі a бойынша k саны – ұзындығы $|k|$ -ге тең b векторы, және a және b векторлары $k > 0$ болғанда бірге бағытталған және $k < 0$ болғанда қарама-қарсы бағытталған. Кез келген санға нөлдік вектордың көбейтіндісі нөлдік вектор болып саналады. Векторды санға көбейтудің қасиеттері оқулықта дәлелденбеген.

Векторларға жаңа амал – векторды санға көбейту – үйренуді келесі тапсырмалардан бастауға болады.

1) Қосындыны көрсететін векторды құрыңыз:

$$AB = a + a; CD = a + a + a.$$

Осы тапсырманы орындаған кезде оқушылардан төмендегілер туралы сұрауға болады:

а) Берілген және салынған векторлар бағыттас.

б) Салынған $\overrightarrow{AB}$ (немесе CD) векторының ұзындығы осы a векторының ұзындығының 2 санына көбейтіндісіне (3 санына) тең.

Операция нәтижесін жазбаша көрсетіңіз: $AB = 2 \cdot a$; $CD = 3 \cdot a$.

2) Қарама-қарсы векторды салу есебін қарастыру

b векторы берілген болса, оқушыларға $-b$ векторын a b векторын (-1) -ге көбейткенге, яғни $-b = (-1) b$ көбейтіндісі ретінде қарастырған жөн екенін жеткізуге болады.

Бұдан соң жаңа тапсырманы қарастыруға көшуге болады.

c векторы берілген. $MN = -c - c = -c + (-c)$ векторын салыңыз.

Оқушылармен әңгімелесу барысында мынаны білу керек:

а) вектор c және вектор MN қарама-қарсы бағытталған векторлар;

б) $\overrightarrow{MN}$ вектордың ұзындығы $\vec{c}$ векторы ұзындығының (-2) санына көбейтіндісіне тең, яғни $|\overrightarrow{MN}| = |-2| |\vec{c}|$. Операция нәтижесі $\overrightarrow{MN} = -2 \vec{c}$ екендігін көрсету керек.

Векторларды қосуды, векторларды алуды және векторды санға көбейтуді оқу кезінде векторлардың қосындысын, айырмасын, вектордың санға көбейтіндісін табуға ғана емес, сонымен қатар векторды формада көрсетуге арналған жаттығуларды орындау керек. Мысалы: а) бірнеше векторлардың қосындысы; б) вектор мен санның көбейтіндісі.

Векторлардың скаляр көбейтіндісін зерттеу кезінде оны анықтаудың

дәстүрлі тәсілі қолданылады. Тақырып векторлар арасындағы бұрыш ұғымымен және оның белгіленуімен таныстырудан басталады. Перпендикуляр векторлардың анықтамасы мен белгіленуі де беріледі. Екі вектордың скаляр көбейтіндісі олардың ұзындықтары мен олардың арасындағы бұрыштың косинусының көбейтіндісі болып табылады [3].

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos(\widehat{\vec{a}, \vec{b}})$$

Әрі қарай, нөлдік емес векторлардың скаляр көбейтіндісінің нөлге тең болатын қасиетін, егер бұл векторлар перпендикуляр болса беріледі. Осыдан кейін оқушылар скаляр көбейтіндінің анықтамасын пайдалана отырып, скаляр квадрат ұғымына және вектордың скаляр квадраты оның модулінің квадратына тең екендігіне келеді. Тақырыпты меңгеру координаталардағы скаляр көбейтіндімен және оны координаттарда есептеу формуласы арқылы дәлелденген скалярлық көбейтіндінің қасиеттерімен аяқталады. Векторлардың скаляр көбейтіндісінің анықтамасынан тікелей шығатын векторлар арасындағы бұрышты есептеу формуласына маңызды көңіл бөлу керек.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шыныбеков А.Н. Геометрия. Жалпы білім беретін мектептің оқулығы / Ә.Н. Шыныбеков, Д.Ә. Шыныбеов, Р.Н. Жұмабаев. –Алматы: Атамұра, 2019.- 176 бет.
2. Смирнов В.А., Тұяқов Е.А. Геометрия. Жалпы білім беретін мектептің оқулығы. –Алматы: Мектеп. 2019. – 184 бет.
3. Новгородова О.И. Методика изучения понятия «Вектор» и его свойств в основной школе: Теория и методика обучения (математика): дисс.раб. / О.И. Новгородова.- [б.м.]:[б.и.], 2006. -131 с.

ӘӨЖ 372.851:519.6

Закариянова Н.Н., Жунусова Г.С., Келдос Ж.Н., Сарсенбаева Б.Ж.,
Нурулбекова Ж.Н., Мешелова Г.М. (ШҚУ, 7М01503-Математика, 2 курс),
Аменова Ф.С. (PhD, ШҚУ)

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР АРҚЫЛЫ МӘТІНДІК ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аңдатпа. Математикалық моделдеу әдістерін пайдалану табиғат заңдарын тануда ғана емес, сонымен қатар адам қызметінің түрлі салаларын дамытуда да, әр адамның ойлау мәдениетіне де жоғары талаптар қояды. Табиғаттың көптеген физикалық, химиялық, биологиялық заңдылықтары мен құбылыстарын зерттеу кезіндегі математикалық моделдер дифференциалдық теңдеулерге келтіріледі. Дифференциалдық теңдеулердің үлкен қолданбалы мәні бар, олар механикада, физикада, астрономияда, биология мен химияның көптеген есептерін шешуде кеңінен қолданылады. Жұмыста дифференциалдық теңдеулерге келтірілетін есептерді шешудің әртүрлі мәселелері мен моделдеу мәселелері қарастырылған.

Түйін сөздер: дифференциалдық теңдеулер, математикалық модель, дифференциалдық теңдеулерге келтірілетін есептер, бастапқы шарт, шешім.

Математиканың және онымен байланысты қолданбалы пәндердің қазіргі заманғы адам қоғамының әр саласынан көрініс тауып отырғанын білеміз. Математикалық моделдеу әдістерін пайдалану табиғат заңдарын тануда ғана емес, сонымен қатар адам қызметінің түрлі салаларын дамытуда да, әр адамның ойлау мәдениетіне де жоғары талаптар қояды [1].

Осылайша, қазіргі мектептегі математикалық білім беру мақсаттарының бірі оқушылардың қолданбалы математикалық ойлауын қалыптастыру болуы тиіс, оны «қолданбалы есептерді сипаттау және шешу үшін математикалық модельдерді құру және зерттеу тәжірибесін алу және жетілдіру» арқылы қамтамасыз етуге болады [1].

Жалпы білім беретін мектепте және қосымша білім беру аясында математиканы оқытудың өзара байланысы үздіксіздік пен сабақтастық қағидасын жүзеге асырудың құралы ретінде әрекет етеді. Мысалы, физика курсына дифференциалдық теңдеуді интегралдау нәтижелерімен оқушылар 9-сыныпта қозғалысқа қатысты есептерді қарастыру кезінде кездеседі. Дифференциалдық теңдеулер теориясының элементтері 11 сынып оқушыларына түсінікті. Бұл жерде талап етілетін ең күрделі нәрсе – бұл туынды ұғымының мағынасын түсіну және дифференциалаудың бастапқы ұғымдары мен қабілеті. Мектеп оқулықтарын және мұғалімдерге арналған құралдарды талдай отырып мектеп математикасы бағдарламасының курсына қарапайым дифференциалды теңдеулерді зерттеу кірмейді, бірақ «Алгебра» курсы және «Анализ бастамалары» оқушыларды туынды және интеграл ұғымдарымен таныстырады. Сондықтан, дифференциалдық теңдеулерді оқу «Алгебра және талдау бастамалары» пәнін оқытудың жалғасы болып табылады.

Геометриялық және физикалық есептерді шешу кезінде туындайтын негізгі әдістерінің бірі – математикалық модельдеу әдісі [1-4].

Математикалық модельдеу объект-түпнұсқа математикалық объектімен ауыстырылғанда және түпнұсқа туралы ақпарат модельдің математикалық зерттеу көмегімен алынғанда пайда болады. Осылайша, математикалық үлгілеу математикалық құралдардың көмегімен нақты физикалық, химиялық, технологиялық, биологиялық, социологиялық, экономикалық және басқа да үрдістерді мысалы, теңдеулер мен теңсіздіктер және олардың жүйелері арқылы сипаттайды [1].

Математикалық модельдеу әдісі үш негізгі кезеңді қамтиды:

- 1) ұсынылған есепті табиғи тілден математикалық терминдер тіліне аудару, яғни математикалық модель құру;
- 2) модель ішіндегі математика құралдарымен есептерді шешу;
- 3) алынған шешімді түсіндіру, яғни алынған нәтижені бастапқы есеп тұжырымдалған тілге аудару.

Бірінші кезең – математикалық модельдің өзі ең жауапты және күрделі болып табылады. Ол зерделенетін құбылысты терең талдау негізінде логикалық жолмен жүзеге асырылады және құбылысты математика тілінде сипаттай білуді талап етеді. Ең дұрысы, бастапқы прототипке барабар математикалық модель құруға ұмтылу. Математика тілінде оқылатын құбылысқа әсер ететін барлық факторларды ескеру және көрсету мүмкін емес болғандықтан, іс жүзінде барабарлыққа қол жеткізілмейді. Сондықтан математикалық модель оны жақын ғана бейнелейді және модельдеудің нәтижелері үлгіні құрастыру кезінде жіберілген қателігі аз болған сайын сенімді. Бірінші кезеңді іске асыру көптеген іскерлікті талап етеді, оның ішінде зерттелетін құбылысты анықтайтын маңызды факторларды бөле білу, модель құру кезінде қателікті тудыратын факторларды көрсете білу, модель құру үшін математикалық аппаратты таңдай білу.

Екінші кезеңде тұжырымдалған математикалық есепті шешу процесін шебер жоспарлау, онда есептерді құраушы бөлу, жасалған модельді талдай білу және нақтылай білу, бір үлгіден екіншісіне ауысу және әрбір нақты жағдайда ең орынды және сонымен бірге есептің оңтайлы шешімін таңдау маңызды болып табылады.

Үшінші кезеңде математикалық есепті шешу нәтижесін бастапқы есеп тіліне сауатты аудару.

Бұл кезеңде практикалық есептің шешімін тексеру әдістерін меңгеру, табылған шешімді басқа практикалық есептерді шешуге тарату, алынған нәтижелердің дәлдігінің қорытынды дәрежесін бағалау және оның есепті шешудің дұрыстығына әсерін анықтау маңызды.

Есеп шынайы әлем құбылыстарынан абстракциялау жолымен енгізілген ұғымдарды зерттейтіндіктен, қоршаған ортаны игеру үшін қажетті ойлаудың белгілі бір формаларын қалыптастыруға ықпал етеді.

Математикалық моделдеу нақты әлемді зерттеу үшін өте кең қолданылады, бұл оқушылардың оның мәні туралы түсінігін құру, оларды әр кезеңдерді игеруге жеткізу мұғалімнің, оның ішінде қосымша білім беру педагогының тұрақты қамқорлығының пәніне айналуға тиіс.

Төменде биологиялық процестерді моделдеудің әдістемелік мәселесіне тоқталайық.

Тірі организм - бұл оны барлық жағынан егжей-тегжейлі қарауға болмайтын өте күрделі жүйе, сондықтан зерттеуші әрқашан нақты қойылған міндетті шешу үшін қарапайым көзқарасты таңдайды. Бұл нақты биожүйелерді саналы жеңілдету және модельдеу әдісінің негізінде жатыр.

Әдетте, биологияда қолданылатын модельдер үш санатқа бөлінеді:

1. Жалпы заңдылықтар, патологиялық процестер, түрлі препараттардың әсері және т.б. зерттелетін биологиялық пәндік модельдер. Моделдердің осы класына, мысалы, зертханалық жануарлар, оқшауланған мүшелер, жасушалар дақылдары, органелл суспензия және т. б. жатады.

2. Физикалық (аналогтық) модельдер, яғни үлгілелетін нысанаға ұқсас мінез-құлыққа ие физикалық модельдер. Мысалы, әртүрлі жүктемеде сүйекте пайда болатын деформациялар арнайы дайындалған сүйек макетінде зерттелуі мүмкін. Ірі ыдыстар бойынша қан қозғалысы резисторлар, конденсаторлар мен индуктивті катушкалардың тізбектерімен үлгілейді.

3. Математикалық модельдер зерттелетін объектінің, құбылыстың, процестің қандай да бір қасиеттерін сипаттайтын формулалар, функциялар, теңдеулер және т.б. математикалық өрнектер жүйесі болып табылады. Математикалық модель құру кезінде модельдеу объектісін эксперименталды зерттеу кезінде анықталған физикалық заңдылықтарды пайдаланады. Мысалы, қан айналымының математикалық моделі гидродинамика заңдарына негізделген.

Келесі мысал биология есептерін шешу кезінде дифференциалдық теңдеулердің қолданысын көрсетуге арналады.

Мысал 1. Егер 3 сағат ішінде олардың саны 100 да 200-ден өзгерсе, бактериялардың саны 9 сағат ішінде қанша есеге ұлғайғанын анықтау керек.

Шешуі. Тәжірибе жолымен бактериялардың көбею жылдамдығы, егер олар үшін жеткілікті тамақ қоры болса және басқа да қажетті сыртқы жағдайлар жасалса (мысалы, бактериялардың басқа түрлермен басылуының болмауы), олардың санына пропорционалды екені анықталды.

x – осы моментте бар бактериялардың саны, онда олардың санының өзгеру жылдамдығы: $\frac{dx}{dt}$

Бактериялардың көбею жылдамдығы олардың санына пропорционал болғандықтан, онда мынадай k бар болады: $\frac{dx}{dt} = kx$.

Бұл пайда болған дифференциалдық теңдеуде айнымалыларды айыра отырып мына теңдікті аламыз:

$$\frac{dx}{x} = kdt.$$

Бұл теңдеуді интегралдай отырып мына қатынасты аламыз:

$$\int \frac{dx}{x} = \int kdt,$$

$\ln x = kt + \ln C$, теңдікті потенциалдай отырып, $x = Ce^{kt}$ екендігін аламыз. Мұндағы C мәнін табу үшін бастапқы шарттарды пайдаланамыз: есеп шарты бойынша $t = 0$ болғанда $x = 100$. $Ce^0 = 100$, $C = 100$, ендеше $x = 100 e^{kt}$.

e^{kt} коэффициентін $t = 3, x = 2000$ шартынан табамыз, яғни онда
 $200 = 100e^{3k}, e^k = \sqrt[3]{2}$.

Ізделінді функция: $x = 100 \cdot 2^{\frac{t}{3}}, t = 9, x = 800$.

Жауабы: Бактериялардың саны 9 сағат ішінде 8 есеге артады.

Заттың ұлғаю жылдамдығы заттың қолма-қол санына пропорционал болатын заң «табиғи өсу» заңы деп аталады.

Колониядағы микроорганизмдер санының өзгеру процесінің математикалық моделі уақытқа байланысты өте үлкен болжамдарда (қоректену және өмір сүру үшін кеңістік шектелмеген және тұраралық күрес болмағанда) алынған. Табиғатта, нақты бар колониялардың бірде-бірінде мұндай өсім байқалмайды.

«Табиғи өсу» заңы нақты процеске қаншалықты жауап береді деген сұраққа жауап тәжірибелік тексеру береді. Кейбір жиындарда деректер модельмен жақсы сәйкес келеді, ал модельдің өзі болжау үшін пайдалануға болады.

1845 жылы Ферхюлст-Перл микроорганизмдердің ішкі күресін ескеретін теңдеуді алды. Тамаққа және таралу орнына бәсекелестік күрес нәтижесінде, сондай-ақ аурулар есебінен өсу жылдамдығы төмендейді.

Жалпы түрде өсімді азайту x және Δx -дан жаңа функция болып табылады, оны $b(x, \Delta x)$ арқылы көрсетеді.

Бәсекелестіктің нәтижесінде популяция санының азаюы популяциялар арасындағы кездесулердің саны көп болған сайын, яғни x^2 пропорционалды. Осылайша,

$$b(x, \Delta x) = \delta x^2 \Delta t.$$

Онда

$$\Delta x = \varepsilon x \Delta t - \delta x^2 \Delta t.$$

мұндағы ε – популяцияның көбеюінің ерекше (туа біткен) жылдамдығы, δ – түрішілік бәсекелестік коэффициенті. Соңғы теңдеудің екі бөлігін де Δt -ке бөліп, шегіне өтіп, мынаны аламыз:

$$\frac{dx}{dt} = \varepsilon x - \delta x^2.$$

Бұл Ферхюлст-Перл теңдеуі. Қарапайым математикалық түрлендірулерден және $t = 0$ және $x(0) = x_0$ болғанда $\varepsilon/\delta = h$ белгілеулерінен кейін осы теңдеудің шешімі болып келесі теңдік табылады:

$$x(t) = \frac{x_0 h \varepsilon e^{\varepsilon t}}{h - x_0 + x_0 \varepsilon e^{\varepsilon t}}.$$

Математикалық модельдеу, зерттеу әдісі ретінде бірқатар қасиеттерге ие.

Біріншіден, сандық заңдылықтарды математикалық тілмен баяндау әдісі дәл және үнемді.

Екіншіден, тәжірибелік деректер негізінде тұжырымдалған гипотезаларды тексеру осы гипотеза негізінде құрылған математикалық модельді сынау жолымен жүзеге асырылуы мүмкін. Ақырында, математикалық модель экспериментте немесе клиникада құру қиын жағдайларда, зерттелетін жүйенің жұмысын толығымен немесе оның кез келген жеке бөлігінің жұмысын зерттеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИТТЕР ТІЗІМІ:

1 Джумашева А.А., Кадырова Г.М., Бердигалиева Б.М. Физикалық есептерді шығарудағы математикалық аппарат // М.Өтемісов атындағы БҚМУ Хабаршысы, 2014.

2 Ділманова А.Т. Топырақтың азғындалуын математикалық модельдеу мәселесі // Қорқыт Ата ат.Қызылорда МУ Хабаршысы, 2012. -№6 (38). 10-14 б.

3 Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений / Н.М. Матвеев. -М.:Мир, - 420с.

4 Күнтуған Н., Алимбекова Н.Б. Дифференциалдық теңдеулердің геометриялық есептерді шешудегі қолданысы // Аманжолов оқулары-2016, 8-9 желтоқсан, Өскемен. -2016. –139-143 бб.

ӘОЖ 519.633

Зарепқанова Ә. (22-ММА-2т, ШҚТУ), Мукашева Р.У. (т.ғ.к., ШҚТУ),
Мухамедова Р.О.(аға оқытушы, ВКТУ)

ПАРАБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ШЕТКІ ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ

Аңдатпа. Физикалық өрістерді талдауға байланысты көптеген тапсырмалар дербес дифференциалдық теңдеулермен сипатталады. Өкінішке орай, практикалық қызығушылық тудыратын көптеген жағдайларда мұндай мәселелердің аналитикалық шешімін табу қиын немесе мүмкін емес. Бұл әдетте күрделіге шешім ізделетін аймақтың қасиеттерінің формасына немесе гетерогенділігіне байланысты. Дегенмен, нәтижені сандық түрде ақырлы айырдық әдісімен алуға болады, бұл дербес дифференциалдық теңдеулерді шешудің ең көп таралған сандық әдістерінің бірі. Осы жұмыста бұл әдіс параболалық теңдеу үшін аралас есепті шығару үшін қолданылады, алгоритмі сипатталады, нақты есеп үшін Matlab-та бағдарлама құрастырылады және нәтижелі шешімнің визуализациясы алынады.

Түйін сөздер: параболалық теңдеулер, дифференциал, математикалық физика, жылу өткізгіштік, сандық әдістер, шеткі есептер.

Параболалық теңдеулер - дербес дифференциалдық теңдеулер класы, стационарлық емес процестерді сипаттайтын теңдеулердің бір түрі. Параболалық теңдеу жылу өткізгіштік, бөлшектердің диффузиясы және инвестициялық туынды құралдардың бағасын қоса алғанда, уақытқа тәуелді құбылыстардың кең ауқымын сипаттау үшін қолданылады. Жылу өткізгіштік теңдеуі шамамен белгілі бір уақытта және белгілі бір нүктеде температура сол нүктедегі температура мен сол нүктедегі орташа температура арасындағы айырмашылыққа пропорционалды жылдамдықпен көтерілетінін немесе төмендейтінін көрсетеді [1].

Параболалық теңдеулерге арналған шеткі есептерді зерттеу дифференциалдық теңдеулер теориясының классикалық мәселелерінің бірі болып табылады. Параболалық теңдеулер мен теңдеулер жүйелеріне қазіргі жаратылыстану, экономика және техникадағы көптеген күрделі құбылыстардың математикалық сипаттамасы келтірілген. Классикалық жылу өткізгіштік және диффузиялық есептерден басқа, параболалық теңдеулер мен жүйелер, мысалы, кептіру және салқындату процестерін сипаттау кезінде жылу беру және масса беру теориясында, басқа есептердегі химиялық және биологиялық кинетикадағы көптеген процестерді зерттеуде кездеседі [2].

Жылу өткізгіштік мәселелерін шешудің әдістері бар, мысалы, аналитикалық, сандық, графикалық және эксперименттік. Жылу баланстары әдісімен бір өлшемді стационарлық емес есепті сандық интеграциялау үшін есептеу формуласы шығарылады [3]. Параболалық типтегі жылу өткізгіштік теңдеуі берілсін:

$$\frac{dy}{d\tau} = a \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad (1)$$

Элементар учаскедегі меншікті жылу сыйымдылығы C және жылу өткізгіштік коэффициенті μ тұрақты деп саналады. Өзек түйін нүктесіне жеткізетін жылу мөлшері Фурье Заңы бойынша екені анық. Қарастырылып отырған нүктедегі ішкі энергияның өзгеруі, t уақыты, келесі түрде алынады:

$$U = c\rho V \Delta y' = c\rho V (y' - y), \quad (2)$$

Алынған формулалар негізінде түйін нүктесі үшін жылу балансының теңдеуі пішінге ие болады:

$$Q_{21} + Q_{31} = \frac{c\rho V}{\Delta y} (y_1' - y_1). \quad (3)$$

Теңдеуді шеше отырып:

$$y_1' = \frac{\Delta t \mu}{c\rho V} \quad (4)$$

және $V = l_2$ саны мен $\frac{\Delta t a}{l_2} = F_0$ - Фурье, (4) теңдеу келесі түрге өзгереді:

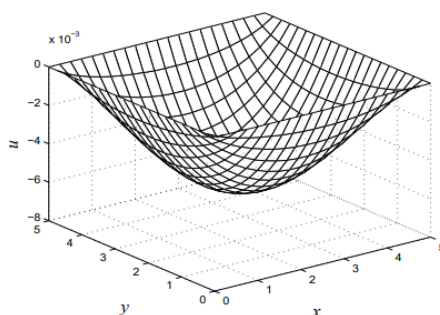
$$y_1' = F_0 [(y_2 + y_3 + y_1) \cdot (\frac{1}{F_0}) - 2]. \quad (5)$$

(5) теңдеу стационарлық емес жылу өткізгіштікті есептеудің сандық әдісінің негізі болады.

Эволюциялық теңдеулердің кейбір кластарының қасиеттерін кідіріспен зерттеу әдістері бойынша бірқатар жаңа теориялық нәтижелер алынды [4]. Айнымалы бағыт әдісінің иллюстрациясы ретінде тұрақты шоғырланған кідірісі бар параболалық типтегі сынақ теңдеуі қарастырылады:

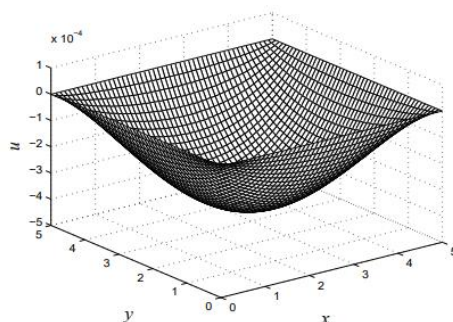
$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} = a^2 \left(\frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{d^2 u}{dy^2} \right) + b \cdot u(t - \tau, x, y) + \cos(t)(x^2 + y^2) \\ - 4a^2 \sin(t) - b \sin(t - \tau)(x^2 + y^2), \end{aligned}$$

Нақты шешімі болып келесі функция табылады: $u(t, x, y) = \sin(x^2 + y^2)$. Теңдеудің параметрлері келесідей алынды: $a=b=5$. Келесі суреттерде айнымалы бағыттардың әзірленген әдісімен жасалған жуықталған шешім мен теңдеудің дәл шешімі арасындағы айырмашылық көрсетілген (сурет 1, сурет 2).



1-сурет - t бойынша бөлу нүктелерінің саны: $M = 25$, x бойынша: $N_1 = 20$, y бойынша: $N_1 = 20$. Абсолютті қателік - 0,006.

Бөлу қадамдары азайған кезде абсолютті қателік азаятыны ескеріледі. Бұл сандық эксперимент айнымалы бағыттар әдісімен алынған. Шешім дәл шешімді жақсы жақындататынын көрсетеді. Осы сияқты MATLAB жүйесінде Дирихленің шекаралық есебі шешілсін [5].



2-сурет - t бойынша бөлу нүктелерінің саны: $M = 100$, x бойынша: $N_1 = 50$, y бойынша: $N_1 = 50$. Абсолютті қателік - 0,0004.

Параболалық типтегі қарапайым бір өлшемді теңдеу жылу өткізгіштіктеңдеуі болып саналады:

$$\frac{du}{dt} = a^2 \frac{d^2u}{dx^2}. \quad (6)$$

Мұнда $u = u(x, t); x \in [a, b]; t \in [t_0, t^*]$. Бұл теңдеу екі шаманы байланыстырады. Температураның уақыт бойынша өзгеру жылдамдығы $\frac{du}{dt}$

және $\frac{d^2u}{dx^2}$ температура профилінің ойыс болуы. Температура профилінің ойысы белгілі бір нүктедегі температураны көрші нүктелердегі орташа температурадан ажыратудың өлшемі ретінде қызмет етеді.

Тасымалдау процесін біржақты анықтау үшін теңдеудің өзінен басқа қосымша шарттар қажет. Олар шекаралардағы процестің күйін анықтайды және шекаралық шарттар деп аталады.

Қазіргі уақытта шекаралық шарттарды жіктеудің 3 әдісі қабылданды.

I түрдің шарты – Дирихле шарты:

$$u|_{(x,y) \in \Gamma} = g(x, y), (x, y) \in \Omega, \Gamma = \partial\Omega - \quad (7)$$

облыс шекарасында температура орнатылған.

II түрдің шарты – Нейман шарты:

$$\frac{du}{dn}\bigg|_{(x,y) \in \Gamma} = g(x, y), (x, y) \in \Omega, \Gamma = \partial\Omega - \quad (8)$$

Ω облыс шекарасы арқылы жылу ағыны берілген; $\frac{du}{dn}$ – сыртқы нормаль бойынша Ω аймақты шектейтін Γ контурына туынды.

III түрдің шарты:

$$\left(\frac{du}{dl} + \lambda \cdot u\right)\bigg|_{\Gamma} = g(x, y), (x, y) \in \Omega, \Gamma = \partial\Omega - \quad (9)$$

қоршаған ортамен жылу алмасу заңы берілген, $\frac{du}{dl}$ – Γ контур бойымен ерікті бағыт бойынша туынды.

Шекаралық шарттар (7), (8), (9) кеңістіктік айнымалылар бойынша шешімнің белгісіздігін жояды. Уақыт айнымалысы бойынша белгісіздікті жою үшін кейбір шартты қосу керек. Шартты қосу әдеттегідей:

$$u(x, 0) = \psi(x), x \in [a, b]. \quad (10)$$

Тиісінше, шеткі есептердің барлық үш түріне (9) шарт қосылуы керек. Осылайша, Дирихленің қарапайым шекті мәселесі бір өлшемді жағдайда келесідей:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= a^2 \frac{d^2 u}{dx^2}; x \in]a, b[; t \in]0, t^*], \\ u(x, 0) &= \varphi(x), x \in]a, b[, \\ u(a, t) &= g_1(t), \\ u(b, t) &= g_2(t), t \in]0, t^*]. \end{aligned} \quad (11)$$

Шеткі есептерді тұжырымдағаннан кейін оларды шешудің бар екендігі мен бірегейлігі туралы мәселе туындайды.

Тасымалдау теңдеулерінің кейбір түрлерін нақтылаймыз. Бүйір беті арқылы жылу алмасу теңдеуі келесідей: $u_t = a^2 \cdot u_{xx} - \beta(u - u_0)$. Өзек бойында орналасқан және бүкіл процесс барысында әрекет ететін ішкі жылу көзі бар теңдеу: $u_t = a^2 \cdot u_{xx} + f(x, t)$. Конвективті диффузиялық теңдеу: $u_t = a^2 \cdot u_{xx} - \gamma \cdot u_x$, мұнда u_x - бір өлшемді жағдай үшін жылу конвекциясының (тасымалдануының)

жылдамдығы. Бір өлшемді жағдай үшін диффузиялық типтің жалпы теңдеуін жазайық:

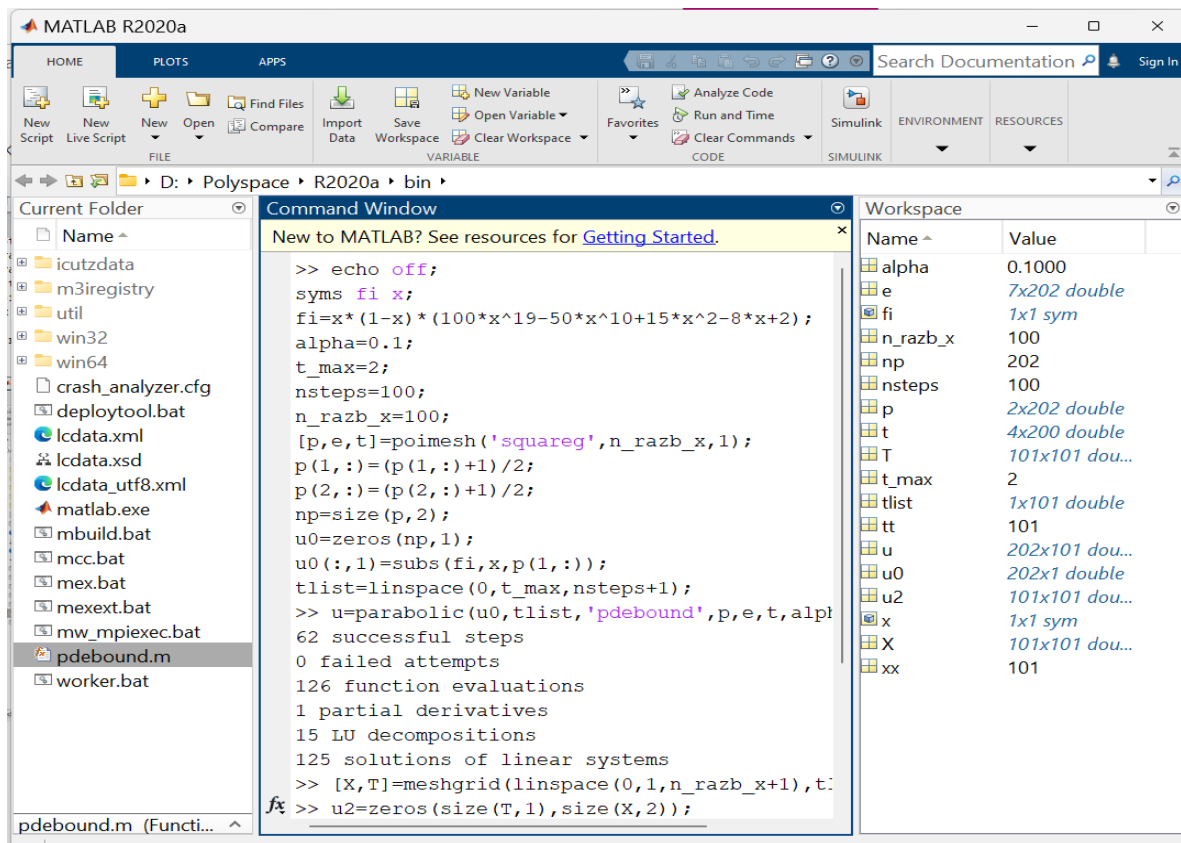
$$\frac{du}{dt} = a^2 \frac{d^2 u}{dx^2} - \gamma \cdot \frac{du}{dx} - \beta u + f(x, t). \quad (12)$$

Тапсырма. Дирихленің (11) шекаралық мәселесінің шешімдері есепті MATLAB TOOLBOX PDE құралдар жинағы ортасында береміз.

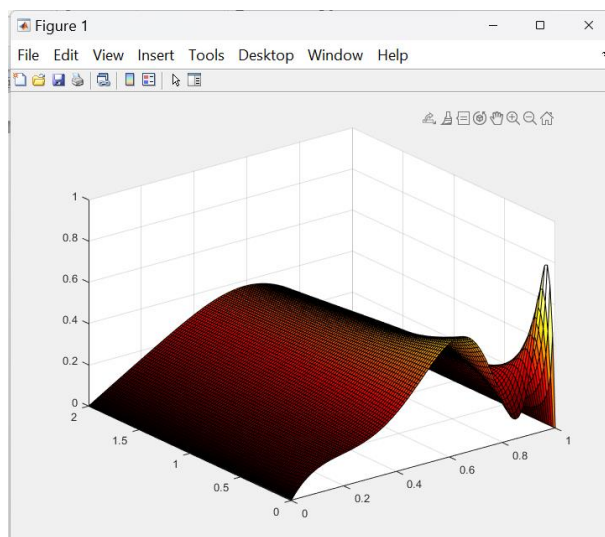
$$\varphi = x \cdot (1 - x) \cdot (100 \cdot x^{19} - 50 \cdot x^{10} + 15 \cdot x^2 - 8 \cdot x + 2),$$

$$a = 0, b = 1, u(0, t) = 0, u(1, t) = 0.$$

MATLAB TOOLBOX PDE құралдарының ортасында Дирихленің шеткі есебін шешу бағдарламалық коды және графигі сурет-4, сурет-5 көрсетілген.



3-сурет- MATLAB TOOLBOX PDE құралдарының ортасында Дирихленің шеткі есебін шешу бағдарламалық коды



4-сурет- MATLAB TOOLBOX PDE құралдарының ортасында Дирихленің шеткі есебінің графигі

Сонымен, параболалық теңдеулердің шекаралық есептерін шешуге арналған ақырлы айырымдық әдісі ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылатын маңызды сандық шешу әдісі болып табылады. Ақырлы айырымдық әдісі инженерлерге материалдардың жылу өткізгіштігін, дыбыстың таралуын, заттардың диффузиясын, сұйықтық пен газдың ағынын және басқа процестерді модельдеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. О поведении при больших значениях времени решений параболических уравнений. Москва 2015, Денисов Василий Николаевич, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 5-8 б. URL: <https://new-dissert.ru/avtoreferats/01005109587.pdf>
2. Конспект лекций по курсу «Параболические уравнения» для студентов кафедры математики. Москва Физический факультет, МГУ 2015. 10-12 б. URL: http://math.phys.msu.ru/archive/2019_2020/294/Knigaparabolic.pdf
3. Сапарова Гульмира Баатыровна ОшТУ, к.ф.-м.н., доцент Мамитова Аширбубу Худайбердиевна ОшТУ, Жанибеков Тилек Максатбекович магистрант. Численные решения уравнения параболического типа.// журилик ва таълим илмий журинали, 2023, №1 (3). 144-146 б. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennyye-resheniya-uravneniya-parabolicheskogo-tipa>
4. Лекомцев Андрей Валентинович - Численные алгоритмы решения некоторых классов эволюционных уравнений с запаздыванием, Екатеринбург — 2010, стр 20-21. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/2663/1/urgu0758s.pdf>
5. А.В.Борзенков. Дифференциальные уравнения в частных производных. MATLAB. Минск БГУИР. 2009, 46-47 б. URL: https://learnmath.narod.ru/BORZENKOV_pde.pdf

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ НЕЙТРИНО

Аннотация. В данной статье изучено использование искусственного интеллекта в современных детекторах регистрации нейтрино. Большое количество данных не позволяют быстро обрабатывать и использовать их для научных экспериментов, которое значительно влияет на темп развития. Показано, что идея применения искусственного интеллекта сильно упростит процесс анализа и обработки данных, а также создаст математические и физические модели, а также позволит делать более точные вычисления и построить вероятные модели. Обнаружено, что проект DANSS и NEOS дает возможность использования искусственного интеллекта в исследованиях микрочастиц.

Ключевые слова: нейтрино, антинейтрино, детектор, искусственный интеллект, слабое взаимодействие.

В наше время изучение нейтрино занимает центральное место в современной науке, предоставляя уникальные возможности для расширения нашего понимания фундаментальных принципов Вселенной. Нейтрино, как элементарные частицы, привлекают внимание исследователей в физике частиц, астрофизике и космологии.

Открытие нейтринных осцилляций вызвало революцию в нашем понимании свойств частиц и структуры Вселенной, подтверждая существование их массы. Исследования в области нейтрино также играют ключевую роль в решении загадок астрофизики, таких как происхождение космических лучей и динамика звезд. Помимо этого, эксперименты с нейтрино направлены на поиск новых явлений, выходящих за рамки Стандартной модели, что открывает перспективы для открытия новых физических принципов. В этом контексте нейтрино представляют собой неисчерпаемый источник знаний о природе Вселенной.

Конечно же для этого необходимы большие расчёты полученных в результате экспериментов, а также построение математических моделей для точного понимания свойств нейтрино. Поэтому возникает проблема, которую может решить искусственный интеллект. Он не только способен обрабатывать сложные вычислительные данные, но и так же самообучаться, что позволит проводить следующие расчёты более точно, также он сможет предсказывать результат.

При первом изучение данного вопроса, мы должны обратиться к слабому взаимодействию. Слабое взаимодействие - одно из четырех фундаментальных физических взаимодействий, описываемых стандартной моделью частиц. Это взаимодействие ответственно за процессы изменения одного типа элементарной частицы в другой. Слабое взаимодействие играет ключевую роль в ядерных реакциях, таких как β -распад, и взаимодействии нейтрино с веществом.

Слабое взаимодействие характеризуется коротким радиусом действия и силой, значительно слабее сильного и электромагнитного взаимодействий. Оно

включает обмен W и Z бозонами, которые медленнее передают свою энергию по сравнению с фотонами, ответственными за электромагнитное взаимодействие. Понимание слабого взаимодействия имеет важное значение для нашего осознания поведения частиц в различных условиях, от ядерных реакций до ранних стадий Вселенной.

Примером слабого взаимодействия является бета-распад, процесс, в ходе которого протон или нейтрон в ядре претерпевают трансформацию. Например, в бета-распаде нейтрона происходит превращение нейтрона в протон, электрон и антинейтрино.

Уравнение для бета-распада нейтрона выглядит следующим образом:

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}_e, \quad (1)$$

Здесь n - нейтрон, p - протон, e^{-} - электрон, а $\bar{\nu}_e$ - антинейтрино электронного типа. По формуле (1) происходит процесс превращения нейтрона в протон, сопровождаемое испусканием электрона и антинейтрино. Слабое взаимодействие играет решающую роль в этом типе ядерной реакции. Данный процесс описывает наличие нейтрино(антинейтрино), которое взаимодействует с водородом(протоном) и рождая нейтрон и позитрон.

Одним из главных вопросов в реализации нашей это отличие нейтрино и антинейтрино [1]. При изучении нейтрино оно оказалось некой двойственной частицей. Его можно описать с помощью уравнения Дирака, однако у него отсутствует заряд и магнитный момент, что не определяет отличие от античастицы. Э. Майорана создал теорию об описании электрических нейтральных фермионах, как истинно нейтральные, не имеющие античастицы. Дальше в дело вступила таблица искусственных изотопов Сиборга. В эксперимент были взяты соединения хлора. Реакция выглядит следующим образом:



где ^{37}Ar аргентум распадается путём электронного захвата. Реакция прямого процесса электронного захвата:

$$p + e^{-} \rightarrow n + \nu, \quad (3)$$

По формулам (2) и (3) мы можем сделать вывод, что нейтрино и антинейтрино представляют из себя зеркально-симметричные частицы, и при регистрации, во многих исследованиях, берутся как одинаковые. Отсюда можно поставить ещё одну задачу для искусственного интеллекта, это обработка и классификация нейтрино и антинейтрино.

Приоритетом в данной научном направлении, является регистрация земных нейтрино. Как мы знаем, в глубинах земли находятся элементы, как уран и торий, которые подвергаются β -распаду, тем самым выделяя нейтрино. Но для регистрации таких нейтрино невозможно, так как излучение очень мало, как и концентрация пучков. Помимо этого, нашу землю бомбардируют космические

нейтрино, происхождение которых связано с быстрыми космическими протонами. Взрываясь в атмосфере, взаимодействуют с ядрами и рожают потоки π - и K -мезонов. Последние распадаются на мюоны и мюонные нейтрино. Космические нейтрино регистрируются с использованием специализированных детекторов, способных взаимодействовать с этими нейтральными частицами, хотя они очень слабо взаимодействуют с веществом. Вот несколько методов регистрации космических нейтрино:

1. Детекторы воды или льда: Космические нейтрино могут взаимодействовать с водой или льдом, производя заряженные частицы, такие как лептоны или столь киловольтные каскады.

Детекторы в виде больших водных объемов или глубоких ледяных массивов, таких как в проекте IceCube в Антарктике, используются для регистрации космических нейтрино.

2. Танковые детекторы: Гигантские танковые объемы с очищенной водой, содержащие фоторецепторы, могут регистрировать свет, высвобождающийся при взаимодействии нейтрино. Этот свет затем регистрируется для определения энергии и направления нейтрино.

3. Детекторы Черенковского излучения: Когда нейтрино взаимодействует с веществом и создает заряженные частицы,двигающиеся быстрее, чем свет в этой среде, возникает Черенковское излучение.

Детекторы Черенковского излучения могут регистрировать этот свет для измерения характеристик космических нейтрино.

Регистрация космических нейтрино позволяет ученым исследовать высокоэнергетические явления во Вселенной, такие как сверхновые взрывы, активные галактические ядра и другие астрофизические события.

Самым основным способом регистрации нейтрино является его искусственное создание. Первый опыт обнаружения нейтрино был получен благодаря ядерному реактору. Нейтрино от реактора попадал в бак с водой и при его взаимодействии с водородом образуется позитрон и нейтрон. Первый мгновенно замедляется, сталкиваясь с электроном среды, и обе частицы превращаются в два γ -кванта. Первое известие о нейтрино подают одновременно зарегистрированные в двух детекторах вспышки света, вызванные аннигиляционными квантами. Нейтрон замедляется в воде и может быть захвачен ядрами кадмия, соль которого растворена в баках. В результате захвата излучается несколько γ -квантов.

На данный момент регистрация нейтрино, полученным в ядерных реакциях, регистрируется другими способами. Ведущей страной в данной отрасли можно считать Россию. Один из успешных детекторов — это DANSS.

Детектор DANSS [2] представляет собой сильно сегментированный пластиковый сцинтилляционный детектор общим объемом 1 м^3 окруженный композитным щитом. Состоит из 2,5 тысяч сцинтилляционных полосок длиной $(1 \times 4 \times 100 \text{ см}^3)$ с тонким ($\sim 0.2 \text{ мм}$) Поверхностное покрытие, содержащее Gd. Данная тонкая плёнка удаляет адронную составляющую космического фона и уменьшает космический фон, это в свою очередь, как и высокая степень детализации детектора, позволяют DANSS достигать очень высокого отношения сигнала и фона ($S/B=33$) на расстояние 10.7м от реактора.

Эксперимент DANSS продолжает сбор данных. Он обнаружил уже более 2 миллионов событий ВЗК. Стабильность детектора демонстрируется идеальным согласием в пределах $\pm 1.5\%$ между мощностью реактора и скоростью ИБД при эксплуатации более одного года.

Однако есть у него и весьма серьезные недостатки:

- Очень большой размер активной зоны реактора;
- Очень скромное энергетическое разрешение ($\sigma_{\text{Э}}/\text{Э} \sim 34\%$ при 1 МэВ)

Детектор NEOS имеет внутренний объем 1008 л, заполненный жидким сцинтиллятором, легированным 0,5% Gd [2]. Установлен в сухожиельной галерее 2,8 ГВт.й5-й реакторный блок атомно-энергетического комплекса Ханбит, Корея. 7 ± 0.3 м от центра активной зоны реактора. Минимальная вскрыша грунтом и строительными конструкциями соответствует двадцати метрам водного эквивалента. Размер активной зоны энергоблока №5 составляет 3,1 м в диаметре, 3,8 м в высоту. Скорость счета ВЗК – 1976 событий/день – довольно высока. 73% фона, вызванного рассеянием и последующим захватом быстрых нейтронов, подавляется с помощью распознавания формы импульса (PSD). В сочетании со значительной вскрышной породой это позволяет достичь очень хорошего соотношения S/B, равного 22.

Однако есть у него и весьма серьезные недостатки:

- очень большой размер активной зоны реактора;
- отсутствие сегментации детектора;
- всего одно и большое (23,7 м) расстояние от активной зоны реактора.

Таким образом, с учётом всех возможностей данного детектора, мы должны понимать, что его недостатки не дают полной картины для изучения нейтрино. Чтобы решить данную проблему нужно привлекать искусственный интеллект. При обработке данных на детекторе благодаря ИИ, используя данные с других детекторов, например NEOS, который имеет хорошее энергетическое разрешение, можно говорить о построении модели энергетического разрешения для детектора DANSS. Такие программы как TensorFlow или PyTorch, имея данные с исследований разных детекторов, строят общую модель или отдельные модели для дальнейшего анализа. Идея заключается в том, чтобы использовать данные программы или создание новых, которые способны провести анализ с двух детекторов, как DANSS и NEOS, чтобы закрыть их недостатки.

В будущем использование искусственный интеллект будет применяться не только для построения моделей, но и при вычислениях, анализах, построения вероятных моделей и проведение обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.А.Боровой, 12 шагов нейтринной физики: Издательство “Знание” Москва, 1985
2. Journal of Physics: Conference Series//4-я Международная конференция по физике частиц и астрофизике (ICPPA-2018) 22–26 октября 2018. Том 1390, г., Москва, РФ.

УДК 629.331

Исаканов И.М. (ВКТУ), Муздыбаев М.С. (к.т.н. ВКТУ),
Муздыбаева А.С. (к.т.н. ВКТУ)

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРАНСМИССИИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО РЕСУРСА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СТУПИЧНОГО УЗЛА

***Аннотация.** В данной работе рассмотрены ведущие мосты грузового автомобиля КамАЗ-54115, исследована их работоспособность. Установлено, что их работоспособность лимитирует ступичный узел по причине износа посадочного места под подшипник ступицы. Это приводит к смещению подшипника с места установки и последующей потере работоспособности моста. Дальнейшее исследование посвящено поиску методов обеспечения работоспособности ступичного узла.*

***Ключевые слова:** автомобиль, узел, подшипник, износ, ресурс, распорная втулка.*

Современные грузовые автомобили играют ключевую роль в грузоперевозках, обеспечивая эффективную логистику и функционирование различных отраслей экономики. В контексте повышенных требований к производительности и надежности транспортных средств, особое внимание уделяется работоспособности и долговечности их компонентов. Одним из критически важных элементов является ведущий мост трансмиссии рассмотренного автомобиля. На предприятиях Казахстана одним из широко используется является автомобили производства ПАО КамАЗ.

Неисправности ведущего моста и, в частности, ступичного узла, могут привести к серьезным последствиям, включая простои в работе, аварии и финансовые потери. Поэтому актуальной задачей является исследование работоспособности этих элементов и разработка методов их модернизации с целью повышения надежности и продолжительности службы.

Идея данной работы заключается в обсуждении актуальности проблемы обеспечения работоспособности узла трансмиссии, анализе основных факторов, влияющих на работоспособность ведущего моста трансмиссии грузовых автомобилей КамАЗ, и предложении технических решений для повышения его ресурса. Работа направлена на разработку инженерных решений, способствующих улучшению качества и безопасности автотранспортных средств, а также оптимизации процессов обслуживания и эксплуатации в сфере грузоперевозок.

Цель исследования - Исследовать способы повышения работоспособности ведущего моста трансмиссии грузового автомобиля КамАЗ для увеличения его ресурса путем модернизации конструкции ступичного узла.

Научная новизна. Новые аналитические зависимости, описывающие распределение наработок до отказа ступичного узла.

Практическая значимость заключается в увеличении ресурса ступичного узла, а также позволяет предотвратить износ и выход из строя остальных элементов ведущего моста.

Гипотеза - модернизация конструкции ступичного узла ведущего моста грузового автомобиля КамАЗ позволит повысить работоспособность и продлить ресурс данного узла. Для подтверждения этой гипотезы необходимо провести комплексное исследование, включающее анализ технических характеристик и эксплуатационных параметров ступичного узла, оценку состояния его элементов, а также разработку и испытание модернизированной конструкции. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации процесса проектирования и производства ведущих мостов грузовых автомобилей, а также для повышения эффективности эксплуатации транспортных средств.

В отличие от конструкции ступичных узлов легковых автомобилей, где основными характеристиками являются компактность и скорость вращения, и поэтому широко применяются шариковые подшипники, для ступичных узлов грузовых автомобилей главной особенностью являются большая грузоподъемность, стойкость к ударным нагрузкам. И здесь отдается предпочтение радиально-упорным коническим роликовым подшипникам.

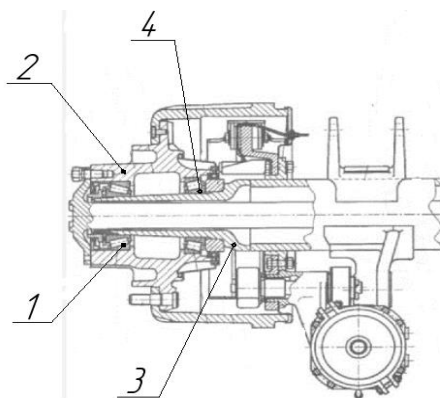


Рисунок 1 - Конструкция ступичного узла автомобиля КамАЗ-54115

1. Ступичный подшипник наружный, 2. ступица, 3. цапфа ведущего моста, 4. внутренний ступичный подшипник.

Конические подшипники устанавливаются парно, замыкание осуществляется установкой обоих подшипников зеркально один по отношению к другому (один устанавливается ближе к внутренней стороне ступицы, так называемый “внутренний” подшипник, другой – ближе к наружной стороне (торцу) ступицы – “наружный” подшипник), с затяжкой парных обойм, обеспечивающей беззазорное центрирование и осевую фиксацию по валу. Ввиду отсутствия зазоров между телами качения и беговыми дорожками конические роликовые подшипники хорошо выдерживают ударные нагрузки.

В связи с неточной регулировкой ступичных подшипников в процессе эксплуатации ступичные подшипники подвержены осевому смещению относительно посадочного места и дальнейшему проворачиванию подшипника, что приводит уменьшению срока службы как самих подшипников, так и остальных сопрягающихся узлов, и агрегатов.

Методы восстановления посадочных мест под подшипник определяется в зависимости от степени износа. Одним из основных методов восстановления посадочного места ступичного подшипника является наплавление металлического слоя на изношенную поверхность и дальнейшая проточка под необходимый размер. Восстановление методом установки ремонтной втулки и дальнейшая ее доработка под необходимый внутренний диаметр подшипника.

КамАЗы моделей 6460 и 6520 имеют ряд преимуществ в зависимости от простых моделей, а именно данные модели оснащены межколесными и межосевым дифференциалами, обеспечивая отличную проходимость в сложных дорожных условиях. Грузовой седельный тягач МАЗ 6422 имеет бортовую систему схожую с грузовым автомобилем КамАЗ 6460 и 6520. Также тяжелые грузовые автомобили китайского производства Shacman, Howo, ChinaTrak.

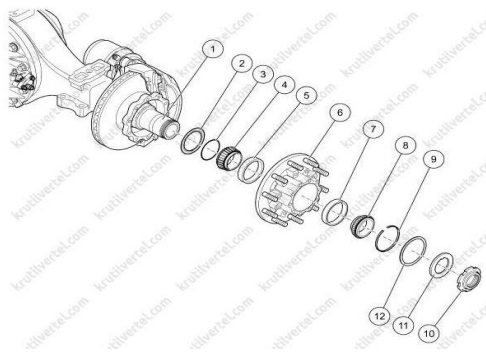


Рисунок 2 - Конструкция ступичного узла автомобиля MAN TGA

1. Рукав моста, 2. сальник с импульсным ротором, 3. кольцо круглого сечения, 4. внутренний конический роликоподшипник, 5. наружное кольцо внутреннего роликоподшипника и внешнего конических, 6. ступица, 7. Внешнее кольцо роликоподшипника, 8. наружный конический роликоподшипник, 9. стопорное кольцо, 10. сальник, 11. упорная шайба, 12. шлицевая гайка.

Ступичный узел грузового автомобиля имеет следующие устройство, на рукав моста устанавливается сальник с импульсным ротором, посадка которого уплотняется кольцом круглого сечения, устанавливается внутренний конический роликоподшипник, наружные кольца внутреннего и внешнего конических роликоподшипников устанавливается в ступицу, ступица монтируется на чулок моста и фиксируется наружным коническим роликоподшипником, подшипник фиксируется стопорным кольцом, на которое устанавливается сальник, далее устанавливается упорная шайба, которая фиксируется шлицевой гайкой с необходимым моментом. Подобная конструкция ступичных узлов встречается на такие грузовики европейского производства как Scania, Iveco, Volvo, DAF.

Анализ литературы

1. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.20.03, кандидат технических наук Добринов, Виктор Николаевич «Совершенствование технологии сборки подшипниковых узлов транспортных и сельскохозяйственных машин путем обоснования предварительного осевого нагружения подшипников». [1]

В статье автор указывает на внедрение предварительного осевого нагружения подшипников как метода оптимизации процесса сборки. Предварительное осевое нагружение может способствовать улучшению сопротивления износу, повышению долговечности подшипниковых узлов и обеспечению более надежной работы транспортных и сельскохозяйственных машин.

2. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.22.10, кандидат технических наук Майоров Максим Валерьевич «Разработка комплексного метода диагностирования ступичных подшипников автомобиля». [2]

Автором предложен и обоснован комплексный подход к диагностированию подшипников, согласно которому в качестве объекта диагностирования рассматривается система «подшипник сборка смазка режимы и условия работы» на различных этапах ее жизненного цикла с интегральной оценкой на каждом этапе состояния системы электрорезистивными методами и комплексными методами на их основе.

3. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.20.03, кандидат технических наук Азаров, Александр Сергеевич «Повышение долговечности подшипников качения ступиц колёс автотракторной техники путём модификации смазочной среды». [3]

Автор исследовал влияние антифрикционной добавки ТСКВ-100 на долговечность подшипников качения при работе в присутствии абразива и установлено ее оптимальное значение концентрации. Эффективность ТСКВ-100 при работе подшипников в условиях абразивного изнашивания подтверждена стендовыми испытаниями.

6. Абанин А.Б. статья «Аналитическая модель колесно-ступичного узла» журнал «Известия Тульского государственного университета. Технические науки», Тула-2023г. [4]

В данной статье автором рассмотрены различные способы определения величины энергетических потерь в подшипниковых узлах, на примере колесно-ступичного узла автомобиля КамАЗ, установлено, что энергетические потери складываются в основном из потерь на трение. Переходя в теплоту, эти потери вызывают повышение температуры узла. Определены факторы, которые влияют на распространение образующейся теплоты в узле при работе и получены формулы, позволяющие использовать поверхностную температуру колесно-ступичного узла как диагностический параметр для контроля технического состояния.

Жуманов Р.М. «Исследование нагруженности ведущих мостов грузового автомобиля», журнал «Вестник науки», -2021г [5]

Статья содержит актуальную информацию о влиянии технического состояния ведущих мостов на безотказность и долговечность автомобиля. Проведенный анализ научно-технической литературы и сведений об условиях эксплуатации грузовых автомобилей основан на системном подходе к оценке технического состояния автомобиля.

Авторами были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить состояние вопроса исследования в области трансмиссии грузового автомобиля КамАЗ.
- 2) Изучить теоретические основы повышения работоспособности ведущего моста трансмиссии автомобиля КамАЗ.
- 3) Выявить причины снижения уровня работоспособности элементов трансмиссии грузового автомобиля КамАЗ.
- 4) Предложить способ повышения работоспособности ведущего моста трансмиссии грузового автомобиля КамАЗ на основе модернизации конструкции ступичного узла.
- 5) Провести совместный анализ экспериментальных и теоретических исследований.
- 6) Определить экономическую эффективность внедрения новой конструкции ступичного узла и сравнение расходов на эксплуатацию автомобилей КамАЗ до и после модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Добринов, В.Н. Совершенствование технологии сборки подшипниковых узлов транспортных и сельскохозяйственных машин путем обоснования предварительного осевого нагружения подшипников: дис. к.т.н.: 05.20.03. 2007-130 с.
2. Майоров М.В. Разработка комплексного метода диагностирования ступичных подшипников автомобиля: дис. к.т.н.: 05.22.10. 2015- 141 с.
3. Азаров А.С. Повышение долговечности подшипников качения ступиц колёс автотракторной техники путём модификации смазочной среды: дис. к.т.н.: 05.20.03. 2008- 186 с.
4. Абанин А.Б. статья «Аналитическая модель колесно-ступичного узла»//журнал «Известия Тульского государственного университета. Технические науки», Тула-2023г.
5. Жуманов Р.М. «Исследование нагруженности ведущих мостов грузового автомобиля»//журнал «Вестник науки», -2021г
6. MAN TGA с 2000 г. Руководство по ремонту и эксплуатации. Каталог запасных частей. https://monolith-publisher.com/catalog/rukovodstvo_po_remontu_man_tga_2000
7. <https://roads.ru/main/konstrukciya-i-raznovidnosti-avtomobilnyx-stupichnyx-podshipnikovyx-uzlov/>

УДК 621.8

Капкенова М.Т., Тлеужанова Г.Б., (21-ДТМ-За, ШҚТУ),
Капаева С.Д. (Т.ғ.к., ШҚТУ)

БАЛҚЫТЫЛҒАН ЖАБЫНДАРДЫҢ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ТАУ - КЕН ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ АЙНАЛМАЛЫ ПЫШАҚТАРДЫҢ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

***Аңдатпа.** Машина бөлшектерінің жұмыс беттерінің тозуы - бұл толықтай қарсы тұру мүмкін емес, тек уақытша тоқтатылған құбылыс. Беткейдің өмірлік циклін ұзарту әдістерінің ішінде жабын төсеу жоғары жүктемелер үшін жиі қолданылады. Дәнекерлеу жабыны дәнекерлеудің әртүрлі әдістерін немесе дәнекерлеу тігісінің өлшемдік дәлдігіне, қабат қалыңдығына, процестің тиімділігіне және материалға қарай өзгертін термиялық бүрку технологияларын қолдану арқылы қолданылуы мүмкін. Бұл зерттеуде біз хром негізіндегі екі ерекше газ металды доғалық дәнекерлеу (GMAW) ағыны бар сымдардың геометриялық және қаттылық қасиеттерін зерттейміз.*

***Түйін сөздер:** бетін жабу; GMAW; WAAM; C45 болат; жылумен қамтамасыз ету; хром негізіндегі ағынды өзекті сым.*

Стрингтік дәнекерлеу 250 мм/с-тен 1250 мм/с (дәнекерлеу жылдамдығы) және 2 м/мин-ден 10 м/мин (сым беру) аралығындағы әдеттегі дәнекерлеу жылдамдығы мен сым берілу нәтижесінде пайда болатын сызықтық энергияның бес деңгейінде сандық түрде қолданылады. Үлгілер сандық микроскоп пен Викерс индентерінің көмегімен кесіліп, өңделді және өлшенді, сонымен қатар химиялық құрамы зерттелді. Қаттылық әрбір кесіндідегі бес нүктеде өлшенді, нәтижесінде әрбір үлгіде 40 өлшем алынды. Өзекті сымдардың дивергентті әрекетін көрсету үшін статистикалық фон ретінде мәндер ANOVA сынағы арқылы талданды. Химиялық құрамдағы хромның аз мөлшеріне қарамастан, DO * 351 сымның қаттылық мәндері жоғары екендігі анықталды; дегенмен, DO*332 барлық жылу енгізу деңгейлерінде тұрақтырақ геометрияға ие болады. Кез келген саланың дерлік ілгерілеуіне құрал-жабдықтардың, әсіресе тау-кен өндіру және минералдық шикізатты өңдеу сияқты ауыр өнеркәсіп салаларындағы тозуға қарсы пайдасыз күрес сөзсіз кедергі келтіреді. Дүние жүзіндегі жыл сайынғы тозу шығындарын шамамен миллиардтаған долларға бағалауға болады [1]. Машина бөлшектерінің бұзылуы әдетте берілген элементтің беткі қабатынан басталатын құбылыс [2,3]. Бұл процесс бөліктің геометриясын нашарлатады, нәтижесінде массаның одан әрі жоғалуы немесе көлемнің өзгеруі, сайып келгенде, машинаның істен шығуына әкеледі. Тозу әртүрлі себептермен, негізінен қажалу [4], эрозия, адгезия, шаршау немесе жоғарыда аталған факторлардың жиынтығынан [5] туындауы мүмкін.

Көптеген жағдайларда тозуға машинаға техникалық қызмет көрсету кезінде қаптау процестерімен қарсы тұруға болады. Беткейлеу - бұл металл (немесе кермет) материалды балқыту және оны негізгі металға тарату үшін жылу қолданылатын процесс [6]. Жоғары қаттылық қажет болғанда, регенерацияның ең жақсы нұсқаларының бірі оның қолжетімділігіне, үнемділігіне және

пайдаланудың салыстырмалы қарапайымдылығына байланысты GMAW (Gas Metal Arc Welding) технологиясында қолданылатын өзек сымы болуы мүмкін. Алынған қатты жабын негізгі материалға (әдетте құрылымдық болат) қарағанда тозуға төзімділігі жоғары болуы мүмкін, сондықтан бөлік квазикомпозитті болғандықтан, аз күш жұмсай отырып, қажетті қасиеттерге қол жеткізе алады. Металл құрамдас бөліктерін дәнекерлеуден айырмашылығы, бетті жабу төмен сұйылтуды қажет етеді. Жоғары сұйылту жабынның физикалық қасиеттеріне негізгі материалдың қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін екенін білдіреді.

Біркелкі қолданылатын GMAW жабынын алудың мүмкін тәсілдерінің бірі WAAM — Wire Arc Additive Manufacturing деп аталатын технологияны пайдалану болып табылады. Ол дәйекті түрде қолданылатын дәнекерлеу қосылыстарын қосуға негізделген, мұнда дәнекерлеу пистолетінің орналасуы сандық түрде басқарылады. Бұл дәнекерлеу жылдамдығын дәл бақылауға мүмкіндік береді, оған тәжірибелі дәнекерлеушілер қолмен ғана қол жеткізе алады. Басқа металды қаптау әдістерімен салыстырғанда, WAAM жабыны тиімді, себебі процесс жағдайларына байланысты ол 2 мм геометриялық төзімділікті сақтай отырып және дәнекерлеу ақауларын барынша азайта отырып, сағатына 1 кг-нан 4 кг-ға дейін жетуі мүмкін.

Дегенмен, дәл геометрия қажет болғанда, қосымша өңдеу (мысалы, фрезерлеу, тегістеу) қажет болуы мүмкін немесе қажетті дәнекерлеу пішініне қол жеткізу үшін процестің параметрлерін мұқият таңдау керек. WAAM-дан жасалған бұйымдардың мысалдары 1-суретте көрсетілген. (а) ішкі суретте өңделмеген сыртқы беті бар, ал (б) ішкі суретте қабырғалары сыртқы өңделген бөлік бейнеленген.



Сурет-1-WAAM компаниясы шығарған бөлшектер мысалдарының суреті, (а) өңделмеген бөлікті көрсетеді, (б) сыртқы өңделген бөлікті көрсетеді

Бұл технологияның орасан зор артықшылықтарына қарамастан, негізінен жылуды енгізуге және жылуды бөлуге байланысты бірнеше қосымша факторларды ескеру қажет. Кернеу, бос проекция, инертті немесе белсенді газдың түрі мен шығыны сияқты параметрлер негізінен көлденең қима сипаттамаларына жауап береді. Параметрлердің дұрыс емес жинағы әртүрлі дәнекерлеу ақауларына, соның ішінде жарықтар, астыңғы кесулер, балқыманың болмауы немесе қажетті физикалық қасиеттердің жоғалуына әкелуі мүмкін.

Қаптау процесінің тиімділігінің негізгі факторы жабынның трибомеханикалық қасиеттерін сақтай отырып, ең қысқа мерзімде толтырғыш

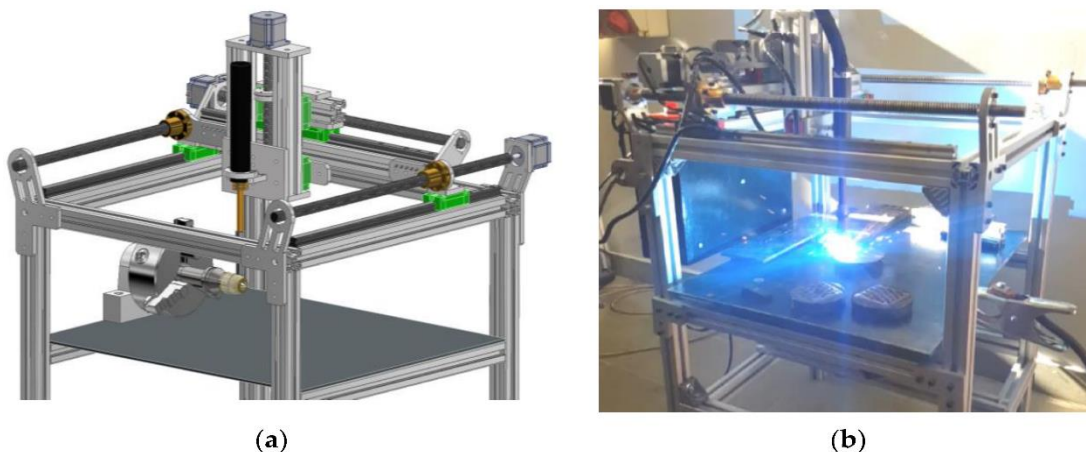
материалдың максималды мөлшерін қолдану мүмкіндігі болып табылады. Алынған дәнекерлеу геометриясын дұрыс модельдеу материалдардың белгілі бір тобы үшін бірқатар тәжірибелерді қажет етеді. Оператор орнатқан айнымалы кіріс параметрлері белгілі бір уақытта материалдың берілген көлеміне энергияның белгілі бір деңгейінің қолданылуына әкеледі. Дәнекерлеу өнеркәсібінде бұл нәтиже параметрі сызықтық энергия (сонымен қатар «доға энергиясы») немесе жылу кірісі деп аталады. Сызықтық энергия параметрі неғұрлым теориялық айнымалы болып табылады, себебі ол қуат көзінің шығыс энергиясын сипаттайды. Ал жылу кірісі η дәнекерлеу әдісінің жылу тиімділік коэффициентімен өзгертілген сызықтық энергия болып табылады. Су астында металды доғалық дәнекерлеу (SMAW) жағдайында бұл коэффициент 1-ге тең, ал кез келген басқа әдіс кейбір жылу жоғалтуынан зардап шегеді. Ең аз тиімді әдістер вольфрамды инертті газ және плазмалық доғалық дәнекерлеу болып табылады, олардың η параметрі 0,6-ға тең. Бұл әдіс $\eta = 0,8$ мәніне ие, бұл оны жоғары тиімділік, тасымалданғыштық (SMAW-тен айырмашылығы) және әмбебаптық әдісіне айналдырады. Толтырғыш материалдың ұзартылған түрде жеткізілуі және біркелкі болуы және жара сымының диаметрі роботтандыруды салыстырмалы түрде жеңілдетеді. Бұл жұмыс GMAW дәнекерлеуде қолданылатын хром негізіндегі флюсті сымдардың геометриялық қасиеттері мен қаттылығына бағытталған. Мұндай материалдарды 2-суретте көрсетілген мысалда көрсетілгендей, тау-кен өнеркәсібіндегі бұрғылау бастиектері немесе тангенциалды бұралмалы ілмектер сияқты абразивті жұмыс орталарына ұшырайтын машина бөлшектерін жабу үшін пайдалануға болады. Мұндай тау-кен құралдарына жабу процесі дәстүрлі GMAW технологиясы мен WAAM тәсілінің үйлесіміне негізделген, өйткені ол сандық басқарылатын индекстелген контурдың беткі қабатынан туындайтын салыстырмалы түрде тар геометриялық төзімділікті қажет етеді



Сурет-2- Конустық ілмектің жұмыс бетіне роботты GMAW процесі арқылы қолданылатын қатты жабын

Ағымдағы зерттеуде С45 болат үлгілері ауыспалы жылу кірісімен қолданылатын арнайы стрингер дәнекерлеуімен қапталған. Жылу енгізу параметрі дәнекерлеу жылдамдығы мен сым беруді реттеудің нәтижесі болды. Үлгілер тілімдерге кесіліп, уланған және сандық микроскоптың көмегімен өлшенген. Сонымен қатар, өнімділік сипаттамаларын бағалау үшін Викерс қаттылығы әрбір көлденең қиманың бес нүктесінде өлшенді. Бұл зерттеу

нәтижесінде алынған дәнекерлеудің физикалық қасиеттеріне технологиялық параметрлердің әсері туралы ақпарат беруге арналған. 2.5-бөлімде келтірілген геометриялық шектеу жорамалдар тозуға қатысты болашақ зерттеулерде пайдалануға арналған конустық тастың геометриясына сәйкес жасалған. Беткейлеу процесі AGH Ғылым және Технология университетінде жобаланған және жасалған және орналасқан түпнұсқалық сандық басқару машинасы арқылы жүзеге асырылды (3-сурет).



Сурет-3- NaPawlik v2.0 кодтық атауы бар сандық бағдарламалау құрылғысы бар беттік машинаның көрінісі. (a) автоматтандырылған жобалау жүйесінің үлгісін көрсетеді, (b) жұмыс істеп тұрған құрылғыны көрсетеді

Бұл зерттеушілерге сымның берілісін және GMAW дәнекерлеу пистолетінің жылдамдығын дәл бақылауға мүмкіндік берді. Барлық үлгілер бос ауада салқындатылды. Түйіндердің физикалық қасиеттерін тексеру үшін Виккер қаттылық сынағы және көлденең қиманың геометриясын микроскопиялық өлшеулер жүргізілді. Қолданылатын жабындардың геометриясын өлшеу келесідей жүргізілді: әрбір болат өзек сегіз бөлікке кесілді; дегенмен, біріншісі блоктың бір шетінен 20 мм, ал екіншісі екінші шетінен 50 мм кесілген. Нәтижесінде дәнекерлеудің басы мен соңын қоспағанда, дәнекерлеудің ең маңызды аймақтарының геометриялық өлшемдері алынды; қалған бөліктер 8 мм аралықпен кесілген.

Соңында, DO*332 сымындағы хромның жоғары мөлшері (~30%) нәтижесінде алынған қаттылық, мәнін төмендетуі мүмкін. Болашақ зерттеулерге арналған гипотеза кен орнында хром карбидтері болғанымен (олардың қаттылығы жоғары), қорытпаның жалпы шынықтыру қабілеті төмен, ал DO*351 сымының хромының төмен болуы қорытпаға қатты мартенситтік құрылымды алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, DO*332 сымында қаттылықтың жылу кірісіне кері пропорционалды түрде төмендейтіні байқалды. Бұл зерттеудің күтпеген және тривиальды емес тұжырымы, жылу енгізу дәнекерлеу геометриясына әсер еткенімен, хромның жоғары мөлшері көлденең қиманың пішінін тұрақтандыруға көмектеседі.

Зерттелетін жоғары хромды өзекті сымдардың химиялық құрамындағы айырмашылықтар жабынның қасиеттерін айтарлықтай өзгертеді. Оның жоғары

қаттылығын ескере отырып, А сымы неғұрлым дәйекті нәтижелер береді және Викерс қаттылығының жоғары мәндерін береді; дегенмен, дәнекерлеу геометриясы көп жағдайда түсетін жылу мөлшеріне байланысты. Жылу кірісі (немесе сызықтық энергия) неғұрлым төмен болса, қатайтатын дәнекерлеу бассейнінің беттік керілуі соғұрлым жоғары болады. Төмен температуралар жартылай шеңберлі көлденең қиманың геометриясына әкеледі, ал жоғары энергетикалық жабындар көп эллиптикалық сектор пішініне ие болады. Көп өтпелі WAAM технологиясымен ену тереңдігі қолайлы болғанша, жартылай дөңгелек пішінге ұмтылу керек, өйткені дайындалған бөліктің төмен кеуектілігін сақтай отырып, қабатталған және қабаттасатын дәнекерлеуді төсеу кезінде құрал жолын жоспарлау оңайырақ.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Мендес П.Ф.; Барнс Н.; Белл К.; Борле С.Д.; Гаджапати С.С.; Гест С.Д.; Изади Х.; Гол А.К.; Вуд Г. Процессы сварки износостойких накладок. J. Мануф. Процесс. 2014, 16, 4-25.
2. Кравчик, Дж.; Бембенек, М.; Павлик, Дж. Роль химического состава литых сталей с высоким содержанием марганца в износе экскаваторной цепи в машине для очистки балласта на обочине. Материалы 2021, 14, 7794.
3. Бембенек, М.; Кравчик, Й.; Панчикевич, К. Износ роликовых прессов, изготовленных из стали 20Cr4 / 1.7027, в условиях брикетирования медного концентрата. Материалы 2020, 13, 5782.
4. Сала, М.; Шафран, М.; Мачек, В.; Марченко, С.; Хейвовски, Т. Стойкость к истиранию сталей S235, S355, C45, AISI 304 и Hardox 500 с использованием гранатовых, корундовых и карборундовых абразивов.
5. Лазич В.; Милосавлевич Д.; Александрович С.; Маринкович П.; Богданович Г.; Неделикович Б. Влияние типа карбида на трибологические свойства наплавленного стального слоя—Часть I—Теоретические соображения. Трибол. Ind. 2010, 32, 10.
6. Хуссейн, Н.; Камарул, С.; Айоф, М. Предварительное исследование процесса наплавки на подложку из серого чугуна. Int. J. Res. англ. Технология. 2013, 2, 5-11.
7. Сентхилкумар, Б.; Каннан, Т. Влияние параметров процесса дуговой сварки порошковой проволокой на геометрию шва в оболочках из сверхдуплексной нержавеющей стали. Измерение 2015, 62, 127-136.]
8. Ракоци Л.; Грудзин М.; Туз Л.; Паныцикевич К.; Зелиньска-Липец А. Микроструктура и свойства ремонтного шва в компоненте газовой турбины из жаропрочного сплава на основе никеля. Adv. Mater. Sci. 2017, 17, 55-63.

УДК 622

Капырина Ю. (ВКТУ), Әділқанова М. Ә. (PhD, ВКТУ)

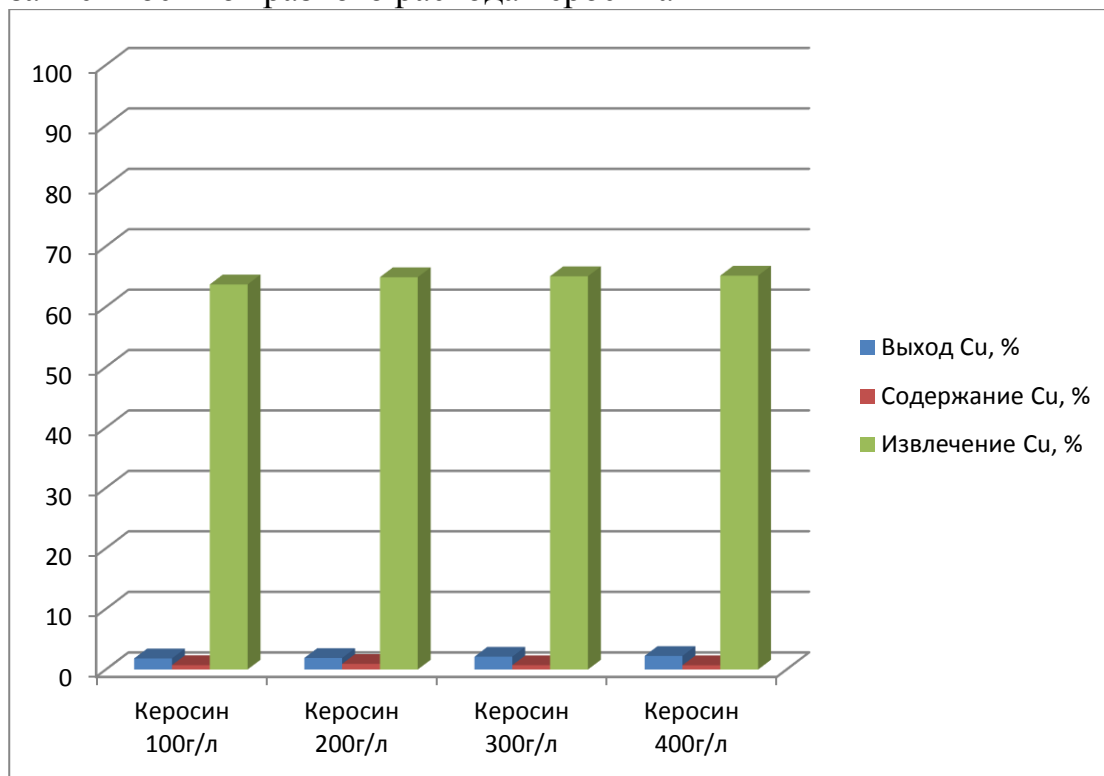
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФЛОТАЦИИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТОВ

Аннотация. *Выполнена работа по отработке технологии селекции коллективного медно- молибденового концентрата, полученного из руды Шорского месторождения, с применением базовых реагентов, в качестве которых применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Технологическая схема включала измельчение исходной руды до крупности 65 % класса 0,074 мм, коллективную флотацию с получением грубого медно-молибденового концентрата, селекцию коллективного концентрата в открытом цикле с использованием сернистого натрия в качестве депрессанта минералов меди и железа. В качестве микрэмulsionных реагентов применяли микроэмульсию смеси дизельного топлива и АТ-680 (МЭМ-1) и микроэмульсию смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2) в массовом соотношении 1:1. Определен оптимальный расход применяемых реагентов, который составил 120 г/т. Исследования показали, что МЭМ-1 позволяет повысить содержание меди в концентрате на 4,025%, извлечение меди в концентрат - на 7,482 % по сравнению с базовой технологией с применением керосина. МЭМ-2 позволяет повысить содержание меди в концентрате на 6,656 %, извлечение меди в концентрат - на 2,43%.*

Ключевые слова: *обогащение, флотация, руда, извлечение, медь, собиратель, микроэмульсионные реагенты.*

Трудности обогащения медьсодержащих руд обусловлены особенностями их вещественного состава. К основным из них относятся: необходимость очень тонкого измельчения некоторых продуктов обогащения, недостаточная эффективность отделения сульфидных минералов от минералов породы, необходимость применения сложных технологических режимов разделения сульфидных минералов [1-2]. Поэтому актуальной является проблема поиска новых технологических методов и схем обогащения медьсодержащих руд. Проведены работы по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. Исследования в коллективном цикле проводились при разном расходе керосина и бутилового ксантогената натрия. Определялось оптимальное количество перечисток коллективного медно-молибденового концентрата. Расход керосина в экспериментах варьировался от 100 до 400 г/т. Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода керосина представлены на графике 1.

График 1 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода керосина

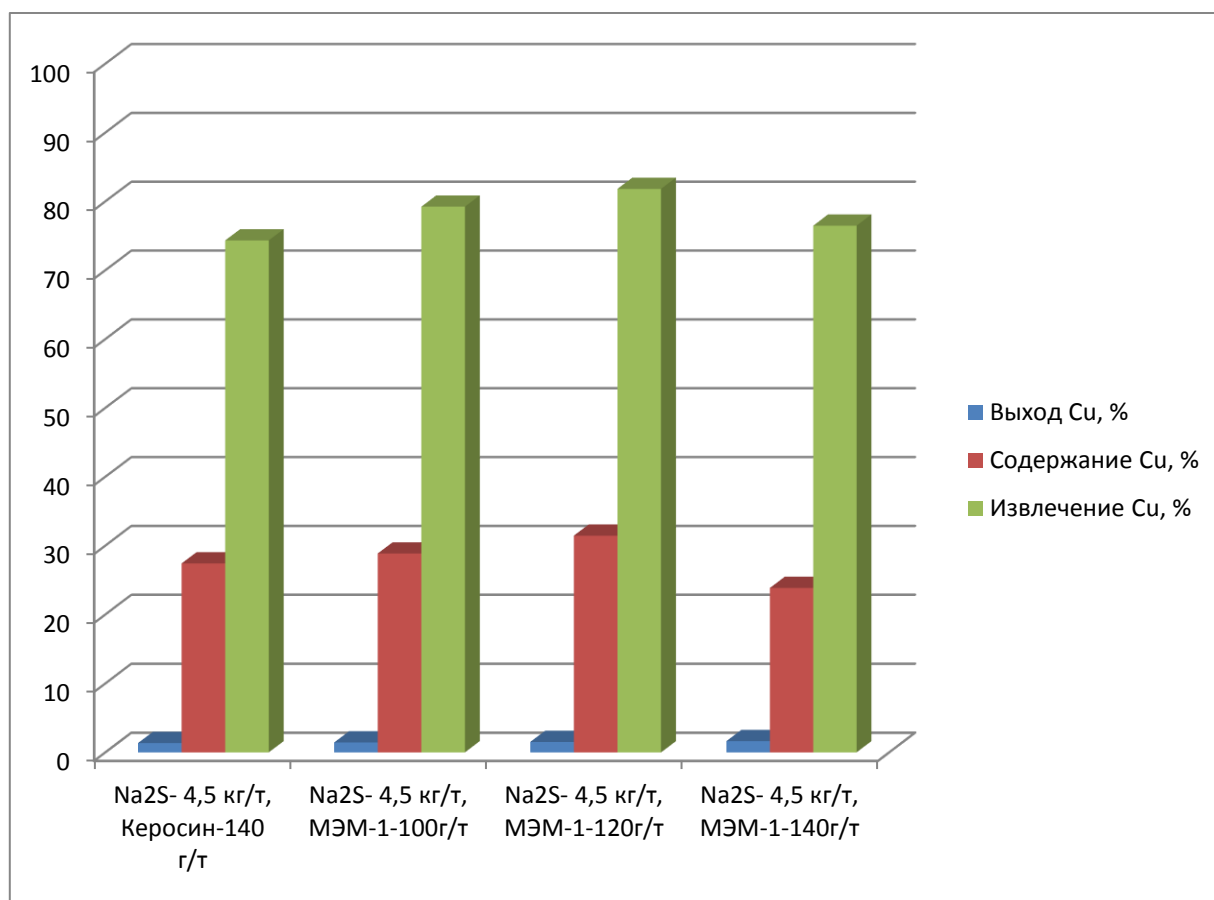


Из результатов графика 1 видно, что оптимальным расходом керосина в коллективном цикле флотации является 200 г/т. При этом получен коллективный медный концентрат с содержанием меди 0,934 %, при извлечении меди 64,884 %.

В качестве исходных веществ для подготовки микроэмульсионных реагентов использовали дизельное топливо, нефть Кумкольского месторождения и реагент АТ-680 китайского производства. Реагент АТ-680 в основном используется для флотации молибденовых руд. Его расход близок к расходу керосина (немного меньше), но он помогает увеличить восстановление молибдена. В качестве реагентов применяли микроэмульсию смеси дизельного топлива и АТ-680 (реагент МЭМ-1) и эмульсию смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2). Произведен подбор оптимального соотношения совместно применяемых реагентов, которое составило 1:1. Результаты селекции коллективного медномолибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-1 (дизельное топливо : АТ-680 = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены на графике 1.

Применение неионогенных собирателей на обогатительных фабриках обусловлено высокой селективностью их действия, а также малой чувствительностью к наличию в водной фазе ионов тяжелых металлов. Так на обогатительной фабрике ГОКа «Эрдэнэт» (Монголия) уже более 10 лет применяются неионогенные собиратели класса аллиловых эфиров алкилксантогеновых кислот [3].

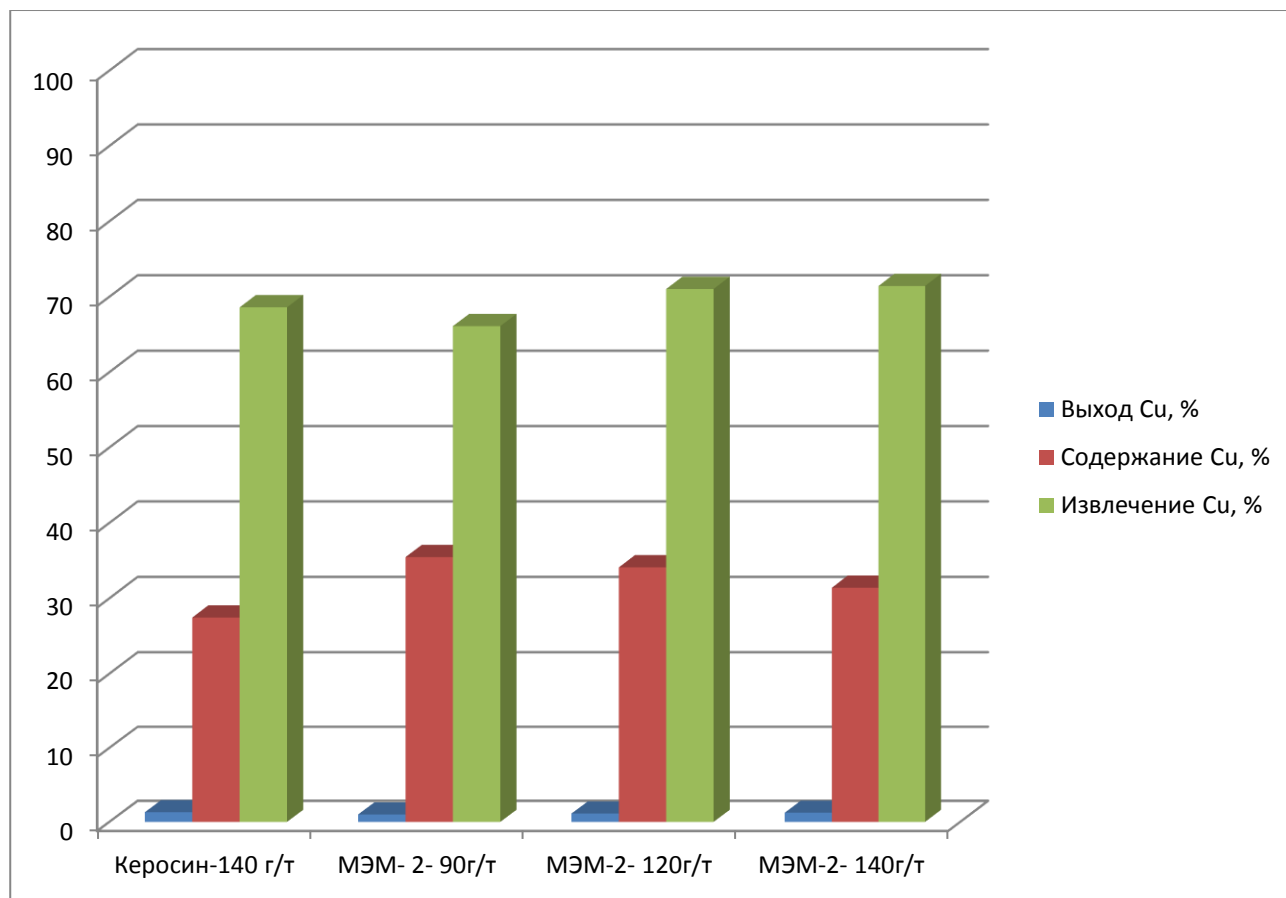
График 2 – Результаты селекции коллективного медного концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-1 (дизельное топливо : АТ-680 = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином)



Температура в цикле селекции поддерживалась 70°C, расход сернистого натрия составлял 4,5 кг/т. Расход микроэмульсионного флотореагента МЭМ-1 составлял 100, 120, 140 г/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-1 является 120 г/т. При этом расходе получен медный концентрат с содержанием меди 31,438 % при извлечении 75,813%. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание меди в концентрате увеличилось на 4,025 %, извлечение меди в концентрат увеличилось на 7,482 %.

Проведены исследования по селекции медно-молибденового концентрата с применением нефти Кумкольского месторождения. Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода нефти в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены на графике 2. Расход нефти составлял 90, 140, 190 г/т. В результате получен медный концентрат с содержанием меди 27,1 % при извлечении 70,3 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание меди в концентрате осталось на том же уровне, извлечение меди в концентрат увеличилось на 2,2 %.

График 3 – Результаты селекции коллективного медного концентрата в зависимости от различного расхода нефти в сравнении с базовой технологией (с керосином)



Расход микроэмульсионного флотореагента МЭМ-2 составлял 90, 120, 140 г/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-2 является 120 г/т. При этом получен медный концентрат с содержанием меди 34,109%, при извлечении 71,033 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание меди в концентрате увеличилось на 6,656%, извлечение меди в концентрат увеличилось на 2,43%. Таким образом, проведены исследования по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. В качестве микроэмульсионных реагентов применяли смесь дизельного топлива и АТ-680 (реагент МЭМ-1) и смесь дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2) в соотношении 1:1. Исследования показали, что МЭМ-1 позволяет повысить содержание меди в концентрате на 4,025%, извлечение меди в концентрат - на 7,482 % по сравнению с базовой технологией с применением керосина. МЭМ-2 позволяет повысить содержание меди в концентрате на 6,656 %, извлечение меди в концентрат - на 2,43%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Карнаухов С.Н., Плясовица С.С., Вилкова Н.В. Технология переработки молибденсодержащих руд //Горный журнал. – 2011.- №8/9.- С.55-61.
- 2 Тусупбаев Н.К., Семушкина Л.В., Турысбеков Д.К. Усовершенствование флотационной технологии обогащения бедной молибденсодержащей руды с использованием модифицированных реагентов //Материалы Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», Екатеринбург, 18-19 апреля 2012. – С. 100-103.
3. Морозов В. В., Пестряк И. В., Эрдэнэзуул Жаргалсайхан. Анализ концентрации неионогенного собирателя при флотации медно-молибденовых руд. Материалы XXV Международной научно-технической конференции. "Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья" Екатеринбург. 2020. С.6-10.
4. Карнаухов С.Н., Плясовица С.С., Вилкова Н.В. Технология переработки молибденсодержащих руд //Горный журнал. – 2011.- №8/9.- С.55-61.
5. Бочаров В.А. Комплексная переработка руд цветных металлов с применением комбинированных технологий //Обогащение руд.- 1997.- №3.- С. 3-6.

МИНИМИЗАЦИЯ ПРОСТОЯ, СТРАТЕГИЯ АРЕНДЫ В ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. В данной статье представлена информация о предприятии ТОО «ТС», включая его характеристику, структуру и анализ подвижного состава. В ходе прохождения производственной практики была выявлена проблема простоя самосвалов: не все транспортные средства осуществляли полный восьмичасовой рабочий день. Для решения данной проблемы было предложено сдавать в аренду самосвалы другим предприятиям с целью получения дополнительного дохода. Произведен расчет себестоимости перевозки грузов, а также оценена выручка от сдачи в аренду транспортных средств.

Ключевые слова: грузоперевозки, системы управления предприятием, сдача автомобилей в аренду.

В ходе изучения операционной деятельности организации ТОО «ТС» был проведен анализ, который выявил наличие проблемы, заключающейся в неполной эксплуатации подвижного состава в течение рабочего дня.

Компания более 25 лет успешно работает на логистическом рынке. Штат сотрудников насчитывает 58 человек. Он включает следующие должности: директор, заместитель директора, механики, инженер по технике безопасности, врача, диспетчеры, юрист, главный бухгалтер, водители, слесари, электрик, шиномонтажник.

Структура управления предприятием представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура управления предприятием

Система управления предприятием в логистической компании обычно включает в себя различные компоненты и модули, предназначенные для эффективного управления и координации логистических процессов.

Вот некоторые основные аспекты системы управления предприятием в логистике:

- управление заказами и запасами (отслеживание заказов клиентов, контроль уровня запасов, учет и управление поставками);
- транспортное планирование и маршрутизация (учет различных факторов, таких как расстояние, время, наличие транспорта и требования клиентов);
- управление складом (управление складскими операциями, в том числе приемом, хранением и отгрузкой товаров, оптимизация использования складских площадей);
- отслеживание и контроль товаров от загрузки до доставки клиенту;
- управление контрактами и финансами;
- аналитика и отчетность (анализ данных и создание отчетов по выполнению заказов, эффективности маршрутов, использованию ресурсов и т. д.).

Хорошая система управления логистическим предприятием может интегрироваться с другими системами, такими как системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), системы управления взаимоотношениями с поставщиками (SRM) и другими, для обмена информацией и автоматизации процессов.

ТОО «ТС» готов предоставить полный комплекс услуг по организации перевозок от двери до двери для клиентов различных отраслей: автомобильного сектора, промышленного оборудования, строительной техники, производителей одежды и обуви, товаров для дома, розничной торговли и других. Основные поставщики и клиенты: АО «Арматурный завод», АО «Орика Казахстан», ТОО «МАШЭНЕРГО», ТОО «Машзавод», ТОО «Мамыр», ТОО «U-Trans».

ТОО «ТС» осуществляет перевозку различных типов товаров по СНГ, используя полуприцепы с тентом, открытые полуприцепы, самосвалы. Наличие собственных автотранспортных средств и складов, позволяет качественно и оперативно выполнять заявки клиентов.

Подвижной состав предприятия насчитывает 118 автомобилей. Его полная характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Подвижной состав предприятия ТОО «ТС»

Наименование техники	Тип транспортного средства	Количество	Год выпуска	Грузоподъемность, т
Volvo Fh12	Седельный тягач	30	1999	22
DAF Ft XF105	Седельный тягач	16	2008	25
KAMA3-5511	Самосвал	3	1999	10
KAMA3-6520	Самосвал	2	2004	20
Schmitz	Полуприцеп с тентом	55	1999	20
Kogel SN24	Открытый полуприцеп	12	1998	25
Всего	–	118	–	–

В таблице 2 подвижной состав описан по типу кузова.

Таблица 2 – Анализ подвижного состава по типу кузова

Наименование автомобилей	Количество	Структура, %
Полуприцеп с тентом	55	47
Открытый полуприцеп	12	10
Самосвалы	5	4
Итого	72	100

Сдача в аренду грузовых автомобилей

В связи с тем, что предприятие осуществляет перевозку разных видов грузов, не все транспортные средства эксплуатируют полный рабочий день.

На рисунке 2 показан график загрузки автомобилей.

Например, в некоторые дни автомобили эксплуатируются всего 4,7–5 часов, а рабочий день в среднем составляет 8 часов.

июнь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	х	Дни	Часы
Смена 41	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	х	20	145,5
Смена 42	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	х	20	145,5
июль																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	21	150,5
Смена 42	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	21	150,2
август																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	20	145,5
Смена 42	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	21	155,2
сентябрь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	х	Дни	Часы
Смена 41	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	х	20	145,5
Смена 42	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	х	20	145,5
октябрь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	20	145,5
Смена 42	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	21	155,2

Рисунок 2 – График загрузки автомобилей

Для грузоперевозок ТОО «ТС» в настоящее время использует 5 самосвалов.

Наиболее эффективны – с достаточно большой грузоподъемностью – автомобили-самосвалы КАМАЗ-6520, их характеристика дана ниже в сравнении с КАМАЗ-5511 в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика подвижного состава

Показатель	КАМАЗ-5511	КАМАЗ-6520
Производитель	ПАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны	
Грузоподъемность, т	10	20
Собственная масса, т	9	12,95
Полная масса, т	19,15	33,1
Объем кузова, м ³	7,2	14
Угол подъема кузова, град.	60	
Время подъема кузова с грузом, с	19	23
Время опускания кузова, с	20	22
Направление разгрузки	назад	
Габариты, мм	7540×2500×2700	7795×2500×3055
Максимальная скорость, км/ч	80	90
Количество шин	10	
Контрольный расход топлива при 60 км/ч, л/100км	27	35
Объем топливного бака, л	170	350

Было замечено, что некоторые фирмы довольно часто обращаются в транспортную компанию за арендой автомобилей. В частности, ТОО «Айтас-Строй» арендует автомобили для вывоза крупногабаритного строительного мусора.

Рассчитаем себестоимость перевозки на 1 т груза, 1 м³, 1 авто-ч и 1 км для самосвала КАМАЗ-6520:

$$S_T = \frac{66\,673}{15} = 4\,445 \text{ тг за 1 т}$$

$$S_{m^3} = \frac{66\,673}{15 \times 1,45} = 3\,065 \text{ тг за 1 м}^3$$

Себестоимость 1 часа работы составит:

$$S_q = \frac{66\,673}{7,86} = 8\,483 \text{ тг за 1 авто – час}$$

Себестоимость перевозки груза на 1 км составит:

$$S_{km} = \frac{66\,673}{282} = 236 \text{ тг за 1 км}$$

В таблице 4 представлен доход от сдачи автомобилей в аренду.

Таблица 4 – Расчет дохода от сдачи автомобилей в аренду

Показатели, единицы измерения	Сдача в аренду	
	КАМАЗ-5511	КАМАЗ-6520
Грузоподъемность, т	10	20
Расчетное расстояние, км	34	131
Суточный объем перевозки, т/м ³	10/14,5	15/22
Общий пробег за оборот, км	88	282
Время оборота, ч	3,15	7,86
Статьи себестоимости, в т.ч.:		
Заработная плата водителя, тыс. тенге	4615	8142
Затраты на топливо, тг	7700	26600
Затраты на смазочные материалы, тг	3409	12051
Затраты на ТО и Р, тг	396	1184
Затраты на шины, тг	1699	5444
Амортизация подвижного состава, тг.	2693	7191
Накладные расходы, тг	2051	6061
Затраты на 1 оборот, в т.ч.	22563	66673
Себестоимость 1т и 1 м ³ , тг/т	2256/1556	4445/3065
Себестоимость 1 а-ч, тг/а-ч	7163	8483
Себестоимость 1 км, тг/1км	256	236
Доход за 30 оборотов за 4 месяца, тыс. тг	4093,7	12182,4
Суммарный доход, тыс. тг	16276,140	

Доход от КАМАЗ-5511 составит (при одной езде в день):

$$D_1 = 10\,830 \times 3,15 \times 30 \times 4 = 4\,093\,740 \text{ тг}$$

Доход от КАМАЗ-6520 составит (при одной езде в день):

$$D_2 = 360 \times 282 \times 30 \times 4 = 12\,182\,400 \text{ тг}$$

Примерный суммарный доход 2-х автомобилей на 4 месяца и выполняющих по 30 ездов в месяц:

$$\Sigma D = 4\,093\,740 + 12\,182\,400 = 16\,276\,140 \text{ тг}$$

Таким образом, от сдачи двух самосвалов в аренду предприятие получит дополнительную прибыль в размере 16 276 140 тенге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вельможин А.В., В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. Теория организации и управления автомобильными перевозками: Логистический аспект формирования перевозочных процессов. Волгоград: – Политехник, 2001. – 186 с.
2. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, Л.Б.Миротин, А.В. Куликов. // 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 560с.

УДК 656.135.2

Колесников Л.Е. (ВКТУ), Вдовин В. Н. (к.т.н., ВКТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТАРИФА ПРИ РАСЧЁТЕ ОПЛАТЫ НА АРЕНДУ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В данной статье проведен анализ работы автомобилей за четыре месяца, при этом выявлена проблема неполного использования транспортных средств в течение восьмичасового рабочего дня. Для решения данной проблемы предприятие сдаёт в аренду самосвалы с целью получения дополнительного дохода. Расчёт арендной платы осуществляется по сложившейся на предприятии методике, в основе которой лежат только переменные затраты себестоимости перевозки. В статье предлагается рассчитывать размер арендной платы с учётом остаточной стоимости транспортных средств, коэффициента изменения стоимости основных средств и величины транспортного налога.

Ключевые слова: стоимость аренды, график работы автомобилей, тариф, сдача автомобилей в аренду.

Транспортная компания ТОО «ТС» осуществляет перевозку различных типов товаров по СНГ, применяя полуприцепы с тентом, открытые полуприцепы, самосвалы. Компания более 25 лет успешно работает на логистическом рынке.

Наличие собственных автотранспортных средств и имеющихся складов, позволяет качественно и оперативно выполнять заявку клиента.

Транспортная компания готова предоставить полный комплекс услуг по организации перевозки от двери до двери для клиентов различных отраслей.

Основная клиентура компании: АО «Арматурный завод», АО «Орика Казахстан», ТОО «МАШЭНЕРГО», ТОО «Машзавод», ТОО «Мамыр», ТОО «U-Trans».

Списочный парк подвижного состава предприятия представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Подвижной состав на предприятии ТОО «ТС»

Наименование техники	Тип транспортного средства	Количество	Год выпуска	Грузоподъемность, т
Volvo Fh12	Седельный тягач	30	1999	22
DAF Ft XF105	Седельный тягач	16	2008	25
КАМАЗ 55111	Самосвал	3	1999	10
КаМАЗ-6520	Самосвал	2	2004	20
Schmitz	Полуприцеп с тентом	55	1999	20
Kogel SN24	Открытый полуприцеп	12	1998	25
Всего		118	-	-

На ТОО «ТС» ежедневно осуществляется различного вида перевозки. В процессе анализа операционной деятельности организации ТОО «ТС» была выявлена проблема, заключающаяся в низкой степени использования самосвального парка автомобилей в течение рабочего дня.

На рисунке 1 показан график работы автомобилей. Так например, видно, что в некоторые дни автомобили находятся в эксплуатации всего 4,7 -5 часов, рабочий день в среднем составляет 8 часов.

июнь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	х	Дни	Часы
Смена 41	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	х	20	145,5
Смена 42	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	х	20	145,5
июль																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	21	150,5
Смена 42	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	21	150,2
август																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	20	145,5
Смена 42	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	21	155,2
сентябрь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	х	Дни	Часы
Смена 41	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	х	20	145,5
Смена 42	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	х	20	145,5
октябрь																																	
№ смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Дни	Часы
Смена 41	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	20	145,5
Смена 42	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	5,0	В	В	4,7	9,7	9,7	21	155,2
ноябрь																																	

Рисунок 1 - График работы автомобилей

Было выявлено, что часто некоторые фирмы обращаются в транспортное хозяйство за арендой автомобилей. В частности ТОО «Айтас-Строй» чаще всего обращается с запросом на аренду автомобилей для вывоза крупногабаритного строительного мусора.

Транспортная компания ТОО «ТС» определяет тарифы (Т) за аренду автомобилей по формуле 1, с учётом различных видов себестоимости, а надбавку одну и ту же: 35% прибыль и 12% НДС.

$$T=S \times H = S \cdot 1,35 \cdot 1,12, \quad (1)$$

S- себестоимость перевозки, 1 т, 1м³, 1а-ч и 1км.

H-установленная прибыль и налог на добавленную стоимость

1,35 – желаемая прибыль, 35%

1,12 – налог на добавленную стоимость

Себестоимость перевозки 1 т груза, 1 м³, 1 а-ч и 1 км.

По данной методике определения платы на сдачу в аренду тарифы для автомобиля КаМАЗ-5511 составят:

Тариф за 1 т:

$$T_{1т} = S_{1т} \times H = 2256 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 3410 \text{ тг/1т}$$

Тариф за 1 м³:

$$T_{1м3} = S_{1м3} \times H = 1556 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 2355 \text{ тг/1м}^3$$

Тариф за 1 а-ч:

$$T_{1а-ч} = S_{1а-ч} \times H = 7163 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 10830 \text{ тг/1-а-ч}$$

Тариф за 1 км:

$$T_{1км} = S_{1км} \times H = 256 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 390 \text{ тг/1км}$$

Для автомобиля КАМАЗ-6520 составят:

Тариф за 1 т:

$$T_{1т} = S_{1т} \times H = 4445 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 6720 \text{ тг/1т}$$

Тариф за 1 м³:

$$T_{1м3} = S_{1м3} \times H = 3065 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 4634 \text{ тг/1м}^3$$

Тариф за 1 а-ч:

$$T_{1а-ч} = S_{1а-ч} \times H = 8483 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 12835 \text{ тг/1-а-ч}$$

Тариф за 1 км:

$$T_{1км} = S_{1км} \times H = 236 \cdot 1,35 \cdot 1,12 = 360 \text{ тг/1км}$$

Расчёт себестоимости перевозки и ожидаемого дохода от сдачи автомобилей в аренду представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет себестоимости и дохода от сдачи автомобилей в аренду

Показатели, единицы измерения	Сдача в аренду	
	КаМАЗ- 5511	КАМАЗ-6520
Грузоподъемность, т	10	20
Расчетное расстояние, км	34	131
Суточный объем перевозки, т/м ³	10/14,5	15/22
Общий пробег за оборот, км	88	282
Время оборота, ч	3,15	7,86
Статьи себестоимости, в т.ч.:		
Заработная плата водителя, тыс. тенге	4615	8142
Затраты на топливо, тг	7700	26600
Затраты на смазочные материалы, тг	3409	12051
Затраты на ТО и Р, тг	396	1184
Затраты на шины, тг	1699	5444
Амортизация подвижного состава, тг.	2693	7191
Накладные расходы, тг	2051	6061
Затраты на 1 оборот, в т.ч.	22563	66673
Себестоимость 1т и 1 м ³ , тг/т	2256/1556	4445/3065
Себестоимость 1 а-ч, тг/а-ч	7163	8483
Себестоимость 1 км, тг/1км	256	236
Доход за 30 оборотов за 4 месяца, тыс.тг	4093,7	12182,4
<i>Суммарный доход $\Sigma D=4093,7+12182,4=16276,140$ тыс. тг</i>		

Доход для КаМАЗ- 5511 составит (при одной езде в день):

$$D_m = 10830 \cdot 3,15 \cdot 30 \cdot 4 = 4093740 \text{ тг,}$$

Доход для КАМАЗ-6520 составит (при одной езде в день):

$$D_c = 360 \cdot 282 \cdot 30 \cdot 4 = 12182400 \text{ тг,}$$

Примерный суммарный доход 2-х автомобилей на 4 месяца и выполняющих по 30 ездов в месяц составит более 16 млн.тг:

$$\Sigma D = 4093740 + 12182400 = 16276140 \text{ тг}$$

Таким образом, предприятие получит дополнительную прибыль в размере 16276140 тг

В то же время для определения размера арендной платы может быть использован порядок расчета, установленный Положением об арендной плате за движимое имущество. Чтобы правильно посчитать сумму расходов и не занижить или завысить стоимость услуг, надо ориентироваться на следующую формулу:

$$A_{\text{пл}} = (C_{\text{ост}} \times K_{\text{ис}} \times K_{\text{эф}}) / 12 + H_{\text{тр}} + \text{НДС}, \quad (2)$$

$A_{\text{пл}}$ — размер арендной платы за месяц, тг.;

$C_{ост}$ - остаточная стоимость движимого имущества, тг.;

$K_{ис}$ - коэффициент изменения стоимости основных средств. Принимается на первое число месяца, предшествующего месяцу, в котором заключается договор аренды движимого имущества, на основании официальной статистической информации об изменении стоимости основных средств за период с даты предыдущей переоценки;

$K_{эф}$ - коэффициент эффективности, устанавливаемый арендодателем в зависимости от спроса на движимое имущество, его технического состояния и коммерческой выгоды от сдачи в аренду;

$H_{тр}$ - транспортный налог, тг.;

НДС - налог на добавленную стоимость, тг.

Ниже приведен расчет по формуле 2:

$$A_{пл} = (19000000 \times 1,09 \times 1,0) / 12 + 33228 + НДС = 1759061 + 211087 = 1970148 \text{ тг}$$

$$\sum D = 1970148 \times 4 \times 2 = 15\,761\,184$$

По результатам расчета по формуле 2 арендная плата должна быть ниже, чем по методике, используемой на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вельможин А.В., В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. Теория организации и управления автомобильными перевозками: Логистический аспект формирования перевозочных процессов. Волгоград: - Политехник, 2001. -186 с.
2. Гражданский кодекс, Параграф 5. Аренда транспортных средств, 2012
3. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. // 2-е изд., стереотип.- М.: Горячая линия.- Телеком, 2007.560с.

УДК 621.077

Короблин И. С. (22МТМ-2т, ВКТУ), Комбаев Б.К. (22МТМ-2т, ВКТУ),
Комбаев К.К. (к.т.н., ВКТУ)

АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО ОТВЕРСТИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ НАПЛАВКИ

Аннотация. В Казахстане так и в странах СНГ, преимущественно автомобили приобретаются со вторичного рынка с длительным сроком эксплуатации, что повышает востребованность ремонта деталей из алюминиевых сплавов. Разработка новых методов ремонта деталей машин является актуальной задачей. Традиционные технологии ремонта резьбовых отверстий не обеспечивают достаточной надёжности и их количество ограничено стандартами и спецификациями. Установка резьбовой пробки снижает степень надёжности соединения, так как они имеют меньшую прочность по сравнению с металлической частью, возникает риск объедания материала пробки. Определены основные параметры электроискровой наплавки, выведены оптимальные режимы обработки.

Ключевые слова: Алюминиевый сплав, аддитивные технологии, электроискровая наплавка, микроструктура.

Увеличение работоспособности двигателей внутреннего сгорания напрямую связано с физико-механическими и эксплуатационными свойствами сплавов. В настоящее время все более ужесточаются требования к экономичности технологичности и экологичности производства деталей машин. Известно, что крупнейшие мировые автопроизводители для существенного снижения веса и расхода топлива используют алюминиевые сплавы не только для конструктивных несущих элементов кузова, капотов, крыш но и для изготовления деталей двигателей. Использование алюминиевых сплавов в автомобилестроении позволяет достичь результата сразу в нескольких областях: уменьшение массы, увеличение грузоподъемности, снижение расходов топлива и, как следствие, выбросов углекислого газа. Например, существуют подсчеты, что каждый процент экономии веса автомобиля приводит к сокращению траты топлива в среднем на 1%. За счет этого достигается важный экономический эффект: к примеру, автомобили, на четверть изготовленные из алюминиевых сплавов и композиционных материалов, потребляют на 2 л меньше бензина на 100 км, чем более тяжелые стальные аналоги. Но не менее важно и снижение нагрузки на окружающую среду: сокращение расхода топлива уменьшает количество вредных выбросов в атмосферу. С учетом того, что транспортные выхлопы в атмосферу являются одним из главных загрязнителей воздуха в крупных городах, это имеет большое значение [1].

Резьбовые отверстия с более чем двумя изношенными или сорванными витками традиционно ремонтируется, нарезав резьбу большего ремонтного размера или вставив резьбовые вставки с нарезанной резьбой нормального размера в резьбовые отверстия. Но количество ремонтных размеров ограничено, что значительно снижает надежность эксплуатации.

Для восстановления резьбового отверстия методом электроискровой

наплавки, использовались образцы из сплава алюминия EN AC-45000 (AlSi6Cu4). Литейные алюминиевые сплавы, которые применяют для изготовления блоков цилиндров автомобилей, обычно включают сплавы EN AC-45000 по Европейскому стандарту EN 1706:2010. Химический состав этого сплава соответствует AlSi6Cu4, таблица 1. Более известными американскими аналогами являются сплавы A380.2. Эти доэвтектические алюминиево-кремниевые сплавы обычно производят из вторичного алюминия. Из них отливают автомобильные блоки цилиндров различными методами гравитационного литья [2].

Таблица 1 – Химический состав алюминиевого сплава

EN 1706:2010		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Состояние	Аналоги	
											ASTM ГОСТ 1583-97	
EN AC-45000	AlSi6Cu4	5,0-7,0	1,0	3,0-5,0	0,2-0,65	0,55	0,45	2,0	0,25	F, T4, T5	A380.2	AK8M

Относительно высокое содержание меди позволяет этим сплавам сохранять свою прочность при повышенных температурах и, кроме того, обеспечивает им хорошую обрабатываемость резанием. Обычно для сплавов EN AC – 45000 (A380.2) – применяют состояния F (литое состояние), T4 (закалка и естественное старение) и T5 (неполная закалка и искусственное старение). Для отливок из этих сплавов может также применяться и состояние T6, но для многих изделий из этих сплавов достаточно стабилизирующего состояния T5.

Образцы из алюминиевого сплава EN AC-45000 (AlSi6Cu4) размером $\varnothing 50 \times 100$ мм рисунок 1, в исходном состоянии и для последующего сравнения после проведения электроискровой наплавки вырезали из круга алмазным диском толщиной в 1 мм, который был погружен в охлаждающую жидкость. При малых скоростях резания $n = 350$ об/мин и низкой нагрузке $m = 250$ г образец не испытывает значительных деформаций и термического воздействия [3].



Рисунок 1 - Образец для электроискровой наплавки из сплава EN AC-45000

Для металлографического микроанализа шлифы после полировки с применением пасты двуокиси хрома травили в 20% -ном растворе серной кислоты. Экспериментальные исследования и механические испытания проводили в Центре опережающего развития «VERITAS» и в научно-производственном комплексе «Машиностроение» Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева [4]. Элементный состав образца исследовали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы JEOL (Япония) с приставкой энергодисперсионного микроанализа INCAEnergy фирмы «OXFORD Instruments» [5]. В образце было просверлено 4 отверстия, для имитации высверленного резьбового отверстия А, В, С, D.

Для определения эффективных режимов произведена аддитивная электроискровая наплавка на инверторном аппарате аргодуговой сварки TIG - 315, каждое отверстие наплавляли в разных режимах, таблица 2.

Таблица 2 – Экспериментальные режимы наплавки

№	U, В	I, А	d электрода, мм	h глубин наплавки, мм	Угол присадки	Угол электрода	Наличие дефекта
А	60-80	110	2	5	75 ⁰	90 ⁰	есть
В		115		3			есть
С		120		2			нет
Д		125		1			есть

Сравнительные лабораторные исследования наплавленных отверстий свидетельствуют о наличии явных дефектов в режимах обработки А, В, D, рисунок 2. Наблюдается кратеры и несплошности наплавленных отверстий электроискровым методом в режимах А, D, с большим не проваром и неметаллическим включением в режиме В.

Наиболее оптимальным режимом является С, где четко проявляется граница наплавленного слоя и основного металла, но без явных дефектов. При равных условиях наплавки под прямым углом, угла присадочной проволоки в 75 градусов, диаметра электрода в 2 мм, и напряжения в 60-80 В оптимальным является сила тока 120 А. Экспериментально определено что оптимальная глубина наплавки составляет 2 мм [6].

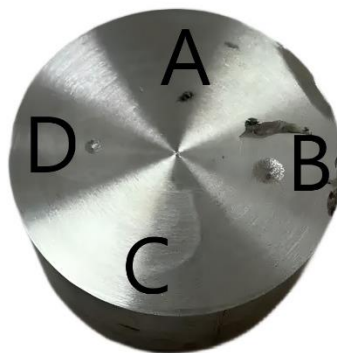
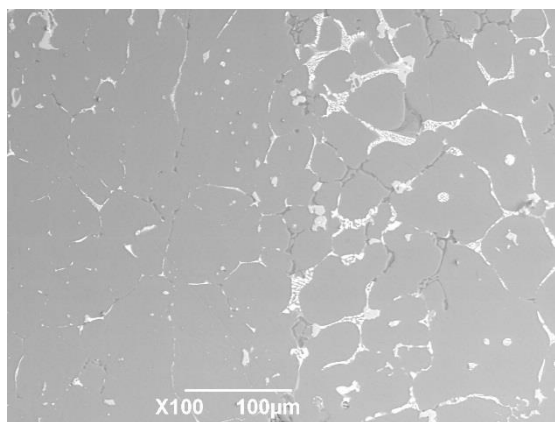
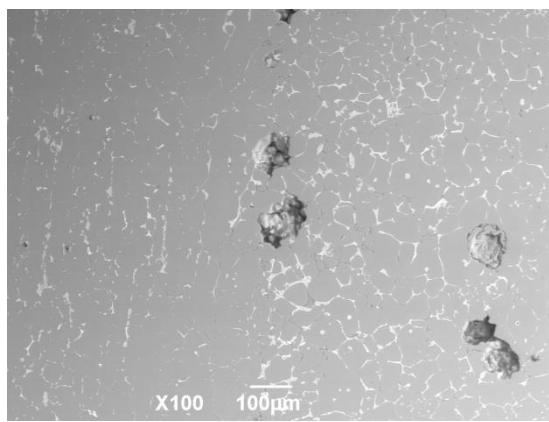


Рисунок 2 – Электроискровая наплавка отверстий в разных режимах

Для более детального изучения качества наплавленного слоя мы провели растровый элементный микроанализ (РЭМ) поперечного слоя, рисунок 3. Наплавленные отверстия в режимах А и В с явными дефектами мы исключили от РЭМ [7].



С- режим



D- режим

Рисунок 3 – Растровый элементный анализ электроискровой наплавки

На поперечном разрезе растрового элементного микроанализа электроискровой наплавки в режиме D, четко прослеживается граница наплавленного слоя и основного металла рисунок 3 D. Микроструктура наплавленного слоя более крупнозернистая по сравнению с основным металлом. Но как на границе так и на наплавленном слое наблюдаются дефекты в виде пор, которые распространяются в глубь наплавленного слоя.

Растровый элементный микроанализ с поперечного слоя электроискровой наплавки в режиме С свидетельствует об отсутствии дефектов, рисунок 3 С. Также наблюдается явно выраженная граница основного металла от наплавленного слоя, но приблизительно одинаковой зернистости и микроструктуры [8].

Статья написана при финансовой поддержке «Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан» в рамках реализации грантового финансирования проекта ИРН АР23488351 «[Создание лаборатории проектирования, моделирования и инженерного анализа для оптимизации конструкций трубопроводной арматуры Казахстанского производства](#)».

Выводы:

1. Установлены оптимальные значения электроискровой наплавки под прямым углом, угла присадочной проволоки в 75 градусов, диаметра электрода в 2 мм, и напряжения в 60-80 В оптимальным является сила тока 120 А, глубина наплавленного слоя 2 мм.

2. Растровый элементный микроанализ с поперечного слоя электроискровой наплавки в оптимальном режиме свидетельствует об отсутствии дефектов, качественной границы наплавки и равномерной микроструктуры наплавленного слоя с основным металлом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

4. Комбаев Б.К., Короблин И. С., Комбаев К.К. Электролитно-плазменное упрочнение образцов крыльчатки из стали 12Х18Н10Т погружного насоса// IX Международная НТК студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана», посвященной 65 – летию университета, 13-14 апреля 2023г., ISBN 978-601-208-811-3 (I б.), с. 111-115.
5. K. Kombayev, A. Kim, G. Sypainova, D. Yelemanov. Improving wear resistance by electrolyte-plasma hardening of corrosion-resistant steel of the tip // Istraživanja i projektovanja za privredu ISSN 1451-4117 DOI:10.5937/jaes0-42291 www.engineeringscience.rs/ Journal of Applied Engineering Science Vol. 21, No. 3, 2023 Original Scientific Paper. 21(2023)3, 1122, Paper number: 810-819.
6. K. Kombayev, M. Muzdybayev, A. Muzdybayeva, D. Myrzabekova, W. Wieleba, T. Leśniewski, (2022). Functional Surface Layer Strengthening and Wear Resistance Increasing of a Low Carbon Steel by Electrolytic-Plasma Processing. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 68(9), 542-551. DOI:10.5545/sv-jme.2022.147.
7. [Kombayev, K., Kim, A., Yelemanov, D., Sypainova, G.](#) Strengthening of Low-Carbon Alloy Steel by Electrolytic-Plasma Hardening//[International Review of Mechanical Engineeringthis link is disabled](#), 2022, 16(2), pp. 84–91. DOI 10.15866/ireme.v16i2.
8. [Doudkin, M., Kim, A., Kombayev, K., Azamatov, B., Azamatova, Z.](#) Research of cutting temperature reducing of titanium alloy grade 5 below polymorphic transformation depending on calculation of cutting modes//*International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 2020, 10(2), pp. 747–758. DOI10.24247/ijmperdapr202074.
9. [Rakhadilov, B.K., Sagdoldina, Zh.B., Ocheredko, I.A., Kombayev, K.K., Khassenov, A.K.](#) Impact research of electron beam processing on the structure and properties of PA6 polyamide//[Eurasian Physical Technical Journalthis link is disabled](#), 2019, 16(2), pp. 43–47. DOI10.31489/2019No2/43-47
10. [Kombayev, K.K., Doudkin, M.V., Kim, A.I., Mlynczak, M., Rakhadilov, B.K.](#) Surface hardening of the aluminum alloys AL3 by electrolytic-plasma treatment//[News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciencesthis link is disabled](#), 2019, 4(436), pp. 222–229. DOI10.32014/2019.2518-170X.117
11. [Kozha, E., Smagulov, D.U., Akhmetova, G.E., Kombayev, K.K.](#) Laboratory installation for electrolytic-plasma treatment of steel//[News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciencesthis link is disabled](#), 2017, 4(424), pp. 219–224. <https://www.scopus.com/sourceid/21100781874>.

УДК669.017

Крючков Д.А., (22-ТТ-1, ВКТУ), Кабдуллина Д.С. (ст.преподаватель, ВКТУ)

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

Аннотация. В статье рассматриваем один из самых лёгких структурных металлов – титан, и его сплавы – с железом, медью, марганцем, алюминием. Применение титана в промышленности, атомной энергетике, медицине и т.д.

Титан - это химический элемент с атомным номером 22 и символом Ti. Он относится к группе переходных металлов и является лёгким, прочным и коррозионно-стойким материалом.

Сплавы на основе титана - это материалы, состоящие из титана и других элементов, таких как алюминий, ванадий, молибден, медь, железо и другие.

Применение сплавов на основе титана: авиационная промышленность, медицина, химическая промышленность, автомобильная промышленность.

Ключевые слова: титан, сплавы, металл, коррозия, промышленность, детали, твердость, прочность.

Титан – это металл будущего, благодаря обширным запасам он имеет перспективу стать основным металлом грядущих лет, поскольку его характеристики выигрывают по сравнению с характеристиками железа и алюминия во всех областях применения.

Титан обладает незаменимыми свойствами, которые позволяют широко использовать титан как конструкционный материал. Прежде этот всего прочность металла, т.е. его способность сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы (пластические деформации). В зависимости от вида напряженного состояния – растяжения, сжатия, изгиба и других условий испытания (температура, время) для характеристики прочности металла используются различные показатели: предел текучести, временное сопротивление, предел усталости и др. По всем этим показателям титан значительно превосходит алюминий, железо и даже многие лучшие марки стали.

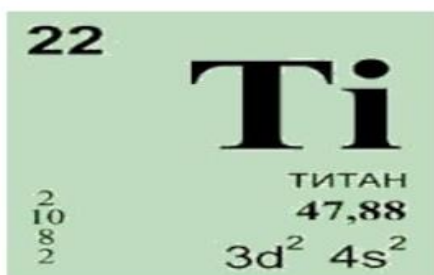


Рисунок 1-Химическое обозначение титана

Чистый титан – высокопластичный металл, что обусловлено благоприятным соотношением осей «с» и «а» в его гексагональной решетке и наличием в ней множества систем плоскостей скольжения и двойникования. Хотя и считается, что металлы с гексагональной кристаллической решеткой

очень пластичны, титан в силу указанных особенностей его кристаллов стоит в одном ряду с высокопластичными металлами, имеющими иной, тип кристаллической решетки. В результате чистый титан пригоден для любых видов обработки в горячем и холодном состоянии: его можно ковать, как железо, вытягивать и даже делать из него проволоку, прокатывать в листы, ленты, в фольгу толщиной до 0,01 мм.

Титан имеет высокий предел текучести – примерно 250 мн/м². Это выше в 2,5 раза, чем у железа, в 3 раза, чем у меди, и почти в 20 раз, чем у алюминия. Следовательно, титан лучше этих металлов сопротивляется сминающим ударам и другим нагрузкам, способным деформировать титановые детали.

Высока и вязкость титана. Он отлично противостоит воздействию сколовых и сдвиговых ударов и нагрузок. Этой выносливостью объясняется еще одно замечательное свойство титана – исключительная стойкость его в условиях кавитации, т.е. при усиленной «бомбардировке» металла в жидкой среде пузырьками воздуха, которые образуются при быстром движении или вращении металлической детали в жидкой среде. Эти пузырьки воздуха, лопааясь на поверхности металла, вызывают очень сильные микроудары жидкости о поверхность движущегося тела. Они быстро разрушают многие материалы, и металлы в том числе, а титан прекрасно противостоит кавитации.



Рисунок 2-Сплавы титана

Титан реагирует со многими металлами. Сейчас известно более 30 различных сплавов титана с другими металлами, удовлетворяющих практически любым техническим требованиям. Это пластичные сплавы с низкой прочностью (300-600 МПа) и рабочей температурой 100-200°C, со средней прочностью (600-900 МПа) и рабочей температурой 200-300°C, конструкционные сплавы с повышенной прочностью (800-1100 МПа) и рабочей температурой 300-450°C, высокопрочные (100-1400 МПа) термомеханически обрабатываемые сплавы с нестабильной структурой и рабочей температурой 300-400°C, высокопрочные (1000-1300 МПа) коррозионно-стойкие и жаропрочные сплавы с рабочей температурой 600-700° С, особо коррозионно-стойкие сплавы со средней прочностью (400-900 МПа) и рабочей температурой 300-500°C.

Сплавы титана с алюминием. Они наиболее важны в техническом и

промышленном отношении. Введение алюминия в технический титан даже в небольших количествах (до 13%) позволяет резко повышать жаропрочность сплава при снижении его плотности и стоимости. Этот сплав - отличный конструкционный материал. Добавка 3-8% алюминия повышает температуру превращения α -титана в β -титан. Алюминий является практически единственным легирующим стабилизатором α -титана, увеличивающим его прочность при постоянстве свойств пластичности и вязкости титанового сплава и повышении его жаропрочности, сопротивления ползучести и модуля упругости. Этим устраняется существенный недостаток титана.

Сплавы титана с железом. Своеобразным сплавом является соединение титана с железом, так называемый ферротитан, представляющий собой твердый раствор $TiFe_3$ в α -железе.

Сплавы титана с медью. Даже небольшие присадки меди к титану и другим его сплавам повышают их стабильность в процессе эксплуатации, увеличивается и их жаропрочность. Кроме того, 5-12% титана добавляют в медь для получения так называемого купротитана; им пользуются, чтобы очистить расплавленную медь и бронзу от кислорода и азота. Легирование меди титаном производится только очень небольшими его добавками, уже при 5% титана медь становится нековкой.

Сплавы титана с марганцем. Марганец, введенный в технический титан или в его сплавы, делает их прочнее, они сохраняют пластичность и легко обрабатываются при прокатке. Марганец – недорогой и недефицитный металл, поэтому он широко применяется (до 1,5%) при легировании титановых сплавов, предназначенных для листовой прокатки. Богатый марганцем (70%) сплав называется мангантианом. Оба металла являются энергетическими раскислителями. Этот сплав, как и купротитан, хорошо очищает от кислорода, азота и других примесей медь и бронзу при отливках.

Применение титана в военно-морском деле включает изготовление выхлопных глушителей для дизельных двигателей подводных лодок, дисков измерительных приборов, тонкостенных труб для конденсаторов и теплообменников. По мнению специалистов, титан, как никакой другой металл, способен увеличить срок службы выхлопных глушителей на подводных лодках.

Титан и его сплавы используются медицинской промышленностью для изготовления не только хирургических инструментов, но и наркозно-дыхательных аппаратов, «искусственных» сердца, легких, почек, защитных устройств радиологической аппаратуры.

Технически чистый титан и его сплавы содержат гораздо меньше примесей, чем другие, применяющиеся в медицине сплавы, он хорошо переносится человеческим организмом, обрастает костной и мышечной тканью, не корродирует в агрессивных средах человеческого тела (в лимфе, крови, желудочном соке), структура окружающей титановый элемент ткани не изменяется на протяжении десятилетий.

Эти свойства титана в сочетании с его высокими механическими качествами позволяют широко использовать его для металлического остеосинтеза – распространенного способа лечения переломов костей.

Из него изготавливают для наружных и внутренних протезов стержни, спицы, гвозди, болты, скобы, внутрикостные фиксаторы, а также протезы бедренных костей, тазобедренных суставов и челюстно-лицевых костей. Как известно, детали для остеосинтеза даже из самых высококачественных сортов нержавеющей стали приводят со временем к самым различным осложнениям, связанным с коррозией и разрушением этих деталей, повреждением костных и мышечных тканей продуктами коррозии. Из-за реакции их с физиологическими солями организма происходят воспаления тканей, возникают болевые ощущения. Костные фиксаторы и любые протезы из титана осложнений и воспалений не дают, они могут находиться в человеческом организме сколь угодно долго, практически вечно. Титан, обладая высокой усталостной прочностью при знакопеременных нагрузках, как нельзя лучше служит в качестве протезов костей, постоянно подвергающихся переменным нагрузкам.

Атомная энергетика: оболочки реакторов на быстрых нейтронах, конструктивные детали ядерных реакторов с водяным охлаждением, футеровка реакторов тонкими пористыми или перфорированными листами титана, титановые электроды в плазменных установках. Приборостроение: зеркала телескопов, затворы кино- и фотокамер, мембраны телефонов, гибкие трубки для бронирования кабелей.

Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат - казахстанский комбинат, полностью интегрированный производитель титана. Основным видом деятельности компании является производство высококачественной титановой губки, титановых слитков.



Рисунок 4- Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аргоно-дуговая сварка алюминиевых сплавов для строительных конструкций. - М.: ЁЁ Медиа, 1990. - 933 с.
2. Бибигов, Е.Л. Литье титановых сплавов. Учебное пособие / Е.Л. Бибигов. - М.: Альфа-М, 2017. - 754 с.

3. Болтон, У. Конструкционные материалы. Металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты / У. Болтон. - М.: Додэка XXI, 2007. - 320 с.
4. Болтон, У. Конструкционные материалы. Металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты / У. Болтон. - М.: Додэка XXI, 2009. - 320 с.
5. Болтон, У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. Карманный справочник / У. Болтон. - М.: Додэка XXI, 2004. - 320 с.
6. ГОСТ. Цветные металлы и сплавы. Методы испытаний. - М.: Стандартов, 2002. - 880 с.
7. Гулишамбаров, С. Благородные металлы и сплавы / С. Гулишамбаров. - М.: Книга по Требованию, 2011. - 102 с.
8. Жилина, Н. В. Древнерусский драгоценный убор - сплав влияний и традиций IX-XIII веков. Художественные стили и ремесленные школы / Н.В. Жилина, Т.И. Макарова. - М.: Институт Археологии Российской Академии наук, 2008. - 304 с.
9. Журухин, И. Ф. Могучий сплав / И.Ф. Журухин. - М.: Воениздат, 2018. - 128 с.
10. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С. Зубченко. - М.: Машиностроение, 2003. - 784 с.
11. Ковнеристый, Ю. К. Объемно-аморфизирующие металлические сплавы / Ю.К. Ковнеристый. - М.: Наука, 1999. - 783 с.
12. Леви, Л.И. Литейные сплавы / Л.И. Леви, С.К. Кантеник. - М.: Высшая школа, 1984. - 436 с.
13. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина. - М.: Наука, 2006. - 272 с.
14. Лысенко, Андрей Закономерности роста оксидных пленок при микродуговом оксидировании титановых сплавов / Андрей Лысенко. - Москва: Огни, 2010. - 606 с.
15. Магия минералов, металлов и сплавов. - М.: Москва, 1992. - 985 с.
16. Мальцев, В.М. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / В.М. Мальцев. - М.: ЁЁ Медиа, 2018. - 705 с.
17. Масленков, С.Б. Жаропрочные стали и сплавы / С.Б. Масленков. - М.: Металлургия, 1983. - 192 с.

УДК 66 669.22

Кунтуган Н. (ВКТУ), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ), Малышева Е.Н. (преподаватель, Управления обучения и развития персонала ТОО «Казцинк»)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКА ПЕЧИ АНОДНОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ ОПА ЦРМ МЗ

Аннотация. Шлаки, образующиеся в процессе металлургического производства меди, в частности шлаки печи анодного рафинирования являются богатым техногенным сырьем. Цель настоящей работы:

–разработка технологии гидрометаллургической переработки шлака печи анодного рафинирования черновой меди (далее – анодных шлаков) с выводом мышьяка из растворов выщелачивания в виде арсенатов железа;

–определение возможности использования медного электролита для выщелачивания анодных шлаков.

Ключевые слова: анодный шлак, гидрометаллургия, медь, печь анодного рафинирования

Проведен фазовый анализ анодного шлака. Медь в шлаках 1 слива на 61,38% представлена в форме оксидов и 27% в виде металла. В шлаках 2 слива оксидов меди - 59,95%, металлической - 32,66%.

Анодный шлак является материалом сложным для измельчения, поскольку содержит до 30% металлической меди, являющейся ковким материалом. Схема измельчения не была подобрана в ходе данной работы. Тест на измельчаемость показал, что в анодном шлаке 1 слива неизмельчаемой ковкой части 10,24-13,55%, во втором сливе 24,56-26,53%.

Масса шлака, образующегося в результате анодного рафинирования черновой меди, составляет 900 т/месяц. Масса шлака 1 слива составляет 75-80% от общей массы. С учетом отделения ковкой части в переработку будет поступать 600-700 т/месяц.

На результатах проведенных исследований предложена гидрометаллургическая схема переработки шлаков, включающая двухстадийное выщелачивание шлака: 1-я стадия - в растворе серной кислоты с поддержанием кислотности на уровне 20-25 г/л; 2-я стадия - довыщелачивание кека 1-й стадии в растворе медного электролита ОЭ ЦРМ. Температура процесса 75 - 80⁰ С. Продолжительность выщелачивания на каждой стадии 4 часа. Содержание твердого в пульпе выщелачивания 200 г/л.

Фильтраты обеих стадий объединяются и направляются на упаривание с последующей кристаллизацией медного купороса. Маточный раствор отделяется фильтрацией и подвергается последовательно операциям нейтрализации кислоты и очистки от мышьяка и сурьмы с получением As-Sb-Fe-содержащего кека. Медь и цинк из фильтрата осаждаются при значении pH 11 известковым молоком.

Специалистами ЦРМ и ОТК Медного завода проведен отбор представительной пробы анодных шлаков от нескольких операций

рафинирования черновой меди и подготовка к анализу с использованием методов дробления, отделения ковкой части, измельчения севкой части. Проведено определение основных компонентов по выделенным фракциям. На основании полученных данных произведен расчет выхода фракций и распределение металлов.

Таблица 2. Выход, содержание основных компонентов и распределение их по фракциям шлака 1 слива.															
Шлак 1 слива	Выход фракции, %	Содержание металлов, %							Извлечение, %						
Класс крупности, мм		Cu	Pb	As	Sb	Fe	Zn	SiO2	Cu	Pb	As	Sb	Fe	Zn	SiO2
+1 (ковкая)	10,24	92,75	0,38	0,2	0,085	0,35	0,025	0,2	20,1	0,4	3,4	1,0	0,5	0,3	0,2
-1+0,074 (ковкая)	42,09	46,8	9,89	0,6	0,84	7,05	0,88	10,44	41,7	39,1	41,6	41,7	42,4	40,8	34,2
-0,074 мм(севкая)	47,66	37,9	13,5	0,7	1,02	8,37	1,12	17,71	38,2	60,5	55,0	57,3	57,1	58,9	65,7
Итого	100	47,26	10,64	0,61	0,85	6,99	0,91	12,86	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 3. Выход, содержание основных компонентов и распределение их по фракциям шлака 2 слива.															
Шлак 2 слива	Выход фракции, %	Содержание металлов, %							Извлечение, %						
Класс крупности, мм		Cu	Pb	As	Sb	Fe	Zn	SiO2	Cu	Pb	As	Sb	Fe	Zn	SiO2
+1 (ковкая)	24,56	93,75	0,85	0,32	0,14	0,70	0,073	0,20	44,2	3,3	3,0	4,3	3,0	2,5	0,5
-1+0,074 (ковкая)	15,46	86,13	1,47	0,51	0,19	1,19	0,13	0,63	25,6	3,6	3,0	3,7	3,2	2,9	1,1
-0,074 мм(севкая)	59,97	26,17	9,88	4,05	1,23	8,93	1,11	14,87	30,2	93,1	93,9	92,0	93,8	94,6	98,4
Итого	100	52,03	6,36	2,59	0,80	5,71	0,70	9,06	100	100	100	100	100	100	100

Изучение фазового состава образцов анодного шлака класса - 0,074 мм с использованием метода избирательного растворения проведен в ФХИМП филиала РГП «НЦКПМС РК» «ВНИИцветмет». Согласно результатам фазового анализа:

– медь в севкой части шлаков 1и 2 сливов на 61,38-59,95% представлена оксидными формами и в виде включений металлической меди – 27 - 32,66%. 12-13 % меди содержится в виде сульфида и ферритов.

– свинец в образце шлака I слива присутствует в виде феррита, в образце шлака II слива – в виде оксида и арсената.

– мышьяк в шлаке 2-го слива представлен в виде оксидов и арсенатов меди, свинца, цинка, железа, в шлаке 1-го слива вероятно в соединениях с железом.

Тест на измельчаемость исходных шлаков проведен специалистами ОПУ ОФ ЗГОК. Показано, что в анодном шлаке 1 слива не измельчаемой ковкой части 10,24-13,55%, во втором сливе 24,56-26,53%. Произведен расчет предварительной схемы измельчения анодных шлаков, полученных после додрабливания представленных проб и отделения ковкой части.

Согласно данным балансов Медного завода объем анодных шлаков составляет около 900 т/месяц, причем шлаков 1 периода 75 %. В процессе подготовки анодных шлаков отделяется ковкая часть, возвращаемая в электропечь. Состав и количество материала для гидрометаллургической переработки представлено в таблице.

Состав пробы для выщелачивания	т/месяц	%
Масса шлака	900	100
1 слив (общая масса)	675	75
Масса шлаков 1 слива для гидрометаллургии (минус ковкая часть)		
Масса шлака 1 слив, -0.074 мм	321,72	43,43
Масса шлака 1 слив, -1+0.074 мм	284,14	38,36
2 слив (общая масса)	225	25
Масса шлаков 2 слива для гидрометаллургии (минус ковкая часть)		
Масса шлака 2 слив, -0.074 мм	134,94	18,22
Общая масса шлака для выщелачивания	740,79	100

Для проведения лабораторных экспериментов по выщелачиванию шлака применяли смесь севкой части шлаков I и II слива (фракции -1+0 мм) в соотношении их образования (4/1). Средний химический состав шлака:

- Ислива, %: Cu – 36.6; Zn – 1.8; Fe – 9.8; As – 0.83; Sb – 1.1; SiO₂ – 18.5; Pb – 12.9.
- II слива %: Cu – 26.3; Zn – 1.24; Fe – 9.3; As – 4.7; Sb – 1.42; SiO₂ – 17.0; Pb – 8.6.

С севкой частью шлаков на выщелачивание поступает практически 100% сурьмы и свинца, 60% мышьяка и 65 % меди от массы, содержащихся металлов в анодном шлаке.

Определены оптимальные условия процесса выщелачивания шлаков анодной печи:

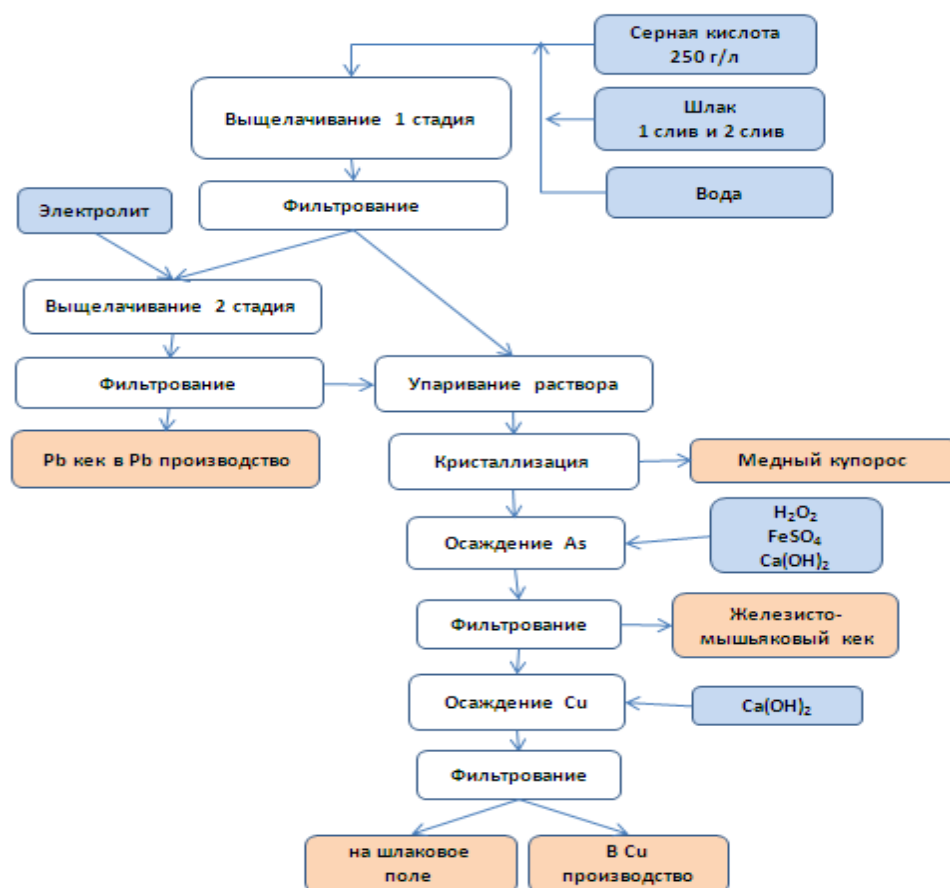
- Загрузка шлаков - 200 г/л;
- Температура – 70-80⁰С;
- Продолжительность 4-6 часа;
- Поддержание концентрации кислоты в растворе выщелачивания в пределах 20-25 г/л с использованием раствора серной кислоты с концентрацией 250 г/л или циркуляционного электролита ЦЭМ.
- Обязательный барботаж пульпы выщелачивания воздухом.

Показано, что при применении одностадийной схемы выщелачивания шлаков извлечение меди и мышьяка в раствор не превышает 55--60% от загрузки.

Проведены тестовые эксперименты выщелачивания шлака анодной печи с использованием технического кислорода вместо кислорода воздуха. При использовании технического кислорода не отмечено увеличения извлечения меди в раствор по сравнению с использованием кислорода воздуха.

С целью повышения извлечения меди и мышьяка в раствор предложено применить выщелачивание в две стадии с довыщелачиванием кека I стадии в разбавленной водой 1/1 растворе ОЭ ЦРМ с поддержанием концентрации кислоты на 2-й стадии медным электролитом.

Предлагаемая схема выщелачивания шлаков анодной печи с использованием медного электролита, получением медного купороса с дальнейшей очисткой фильтрата от примесей мышьяка и сурьмы представлена на рисунке.



Технологическая схема включает следующие операции:

- I стадия -выщелачивание шлаков анодной печи в растворе серной кислоты;
- II стадия - выщелачивание кека от I стадии выщелачивания в растворе ЦЭМ;
- Упаривание объединенных фильтратов;
- Кристаллизация медного купороса;
- Очистка фильтрата полученного после отделения медного купороса от примесей мышьяка и сурьмы;
- Осаждение меди и цинка из фильтрата после очистки.

Общее извлечение металлов из анодных шлаков с применением 2-х стадийного выщелачивания составляет, %: Cu – 94,5; As – 73,91, таким образом, повышение извлечения за счет 2-й стадии составило меди - 16 %, мышьяка - 11 %.

Выход и химический состав промпродуктов, образующихся при переработке анодных шлаков при двухстадийном выщелачивании:

- Купорос медный, %: Cu– 24,3; Zn – 0,1; Fe – 0,04; As – 0,04; Sb – 0,03
выход -56,5 % по меди от загрузки со шлаком (или 50,47 % от загрузки со шлаком и раствором медного электролита).

– Остаток двухстадийного выщелачивания, %: Cu–4.4; Zn – 1.9; Fe – 7.4; As – 0.68; Sb – 0.62; SiO₂ – 33.3; Pb – 27.5. Выход остатка 44 % от загрузки шлама.

– Кека после очистки фильтратов после кристаллизации медного купороса, %: Cu–1.2.; Zn – 0.7; Fe – 15; As – 6.8; Sb – 3.11. Выход кека 29.5 % от загрузки шлама.

При переработке 740 т севкой части анодных шлаков в месяц фракции (-1 + 0 мм) и 1100 м³ медного электролита по предлагаемой схеме может быть получено:

- Купороса медного (CuSO₄*5H₂O) - 620 т;
- Остатка II стадии выщелачивания шлаков – 326 СМТ;
- Мышьяк-железосодержащего кека - 221 СМТ;
- Медного раствора 1425 м³/ месяц с содержанием, г/л: меди 61-65, мышьяка - 1,3-1,5, цинка -3,8, сурьмы – 0,08-0,1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Технологический регламент УМКК ТОО «Казцинк».
2. Изучение научно-технологических основ совместной переработки отвальных медных шлаков и отработанного медного электролита. Харченко. Е.М., Жумашев К.Ж.
3. Минеев Г.Г., Панченко А.Ф. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии, М.: Металлургия, 1994. — 241 с.

ӘӨЖ 621.793

Қуанышбай Р.М. (Инженер, ТОО «PlasmaScience»), Кеңесбеков А.Б. (Ғылыми қызметкер, Композициялық материалдар институты)

АУА-ПЛАЗМАЛЫҚ БҮРКУ РЕЖИМІНІҢ Fe-Cr-Al ЖАБЫНЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ-ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа: Жұмыста 20X13 болат бетіне ауа-плазмалық бүрку әдісімен алынған Fe-Cr-Al негізіндегі жабының нәтежиелер көрсетілген. Сонымен қатар Fe-Cr-Al жабындарының өңдеу режиміне сәйкес трибологиялық және механикалық қасиеттерінің нәтижелері талқыланды. Зерттеу нәтижесі көрсеткендей Fe-Cr-Al жабыны 20X13 болатымен салыстырғанда жоғары микроқаттылыққа және төмен үйкеліс коэффициентіне ие.

Түйін сөздер: тозуға төзімділігі, микроқұрылымы, ауа плазмасымен бүрку, жабын, трибология.

Кіріспе

Алюминий жабындары жоғары температурада тотығу орталарында бөлшектердің тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін ыстыққа төзімді материалдар ретінде жақсы жұмыс істеді. Темір алюминидтеріне негізделген жабындардың ыстыққа төзімділігі материалды оттегінің әсерінен тиімді қорғайтыны, бетінде алюминий оксидінің тығыз қабықшасының пайда болуымен қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ оксиді жоғары температурада, тотықтырғыш ортада және су буы мен пайдаланылған газдар бар ортада ең үлкен тұрақтылыққа ие. Алюминий оксидінің α -модификациясының максималды тұрақтылығына жету үшін, сонымен қатар темір

Оксидтерінің түзілуін және алюминий оксидінің метастабилді модификацияларын болдырмау үшін алюминидті жабындарды Cr, Si және басқа да бірқатар элементтермен легирлейді [1]. Осы негіздегі интерметалды жабындарды алудағы ең тиімді әдістерінің бірі ауа плазмалық бүрку болып табылады. Бұл технология кез келген күрделіліктегі беттерге әртүрлі материалдардың жабындарын жағуға немесе бөлшектердің ең тозған жерлерін қалпына келтіруге мүмкіндік береді [2]. Әдістің тиімді тұсы әртүрлі ұнтақ қопалары негізіндегі тозуға төзімді жабындарды алуға болады, атап айтсақ Fe-Cr-Al ұнтақтар негізіндегі интерметалды жабындар. Ауа-плазмалық бүркудің мәні мынада: ұнтақ негізіндегі материал жоғары температуралы плазмалық ағынға түседі, ол қызады, балқиды және екі фазалы ағын түрінде субстратқа бағытталады [3,4]. Соққы мен деформация кезінде бөлшектер материалдың бетімен әрекеттеседі және жабын пайда болады. Ауа-плазмалық бүрку әдісін қолдана отырып, қалыңдығы ондаған микроннан 1 мм-ге дейінгі кез келген материалдардан қабат-қабат немесе композициялық негіздегі жабындарды алуға болады. Нәтижесінде дәстүрлі әдістерді қолдану арқылы алуға болмайтын бірегей өнімділік қасиеттері бар жабын алуда орасан зор мүмкіндіктер ашылады. Бұл сипаттамалар болат бұйымдарына жоғары дәлдікпен жабындарды бүркуге өте тиімді [5,6].

Бұл жұмыстың мақсаты – 20Х13 болат бетіне интерметалды Fe-Cr-Al жабындарының қалыптасу параметрлері мен олардың құрлымдық және трибологиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу болып табылады.

Әдістер мен материалдар

Зерттеу материалы ретінде диаметрі 50 мм, қалыңдығы 4 мм 20Х13 болаты таңдалды. Fe-Cr-Al негізіндегі жабындарды алу бойынша тәжірибелер режимі 1-ші-кестеде көрсетілген.

Жабынның қалыңдығын мен құрлымын анықтау үшін Альтами MET 5C оптикалық микроскопы пайдаланылды. Микроқаттылықты өлшеу MEMC 9450-76 сәйкес МЕТАЛАБ 502 құрылғысында жүргізілді. Микроқаттылықты өлшеу әдісі 100 г сыртқы жүктеменің әсерінен сынақ үлгісіне төртбұрышты негізі бар алмазды тетраэдрлік пирамиданы енгізуден және осы жүктеме кезінде 10 с ұстау уақытынан тұрды. Микроқаттылық мәндері келесі формула бойынша автоматты түрде есептелді:

$$HV = \frac{P}{S} = \frac{1.854 \times P}{d^2}$$

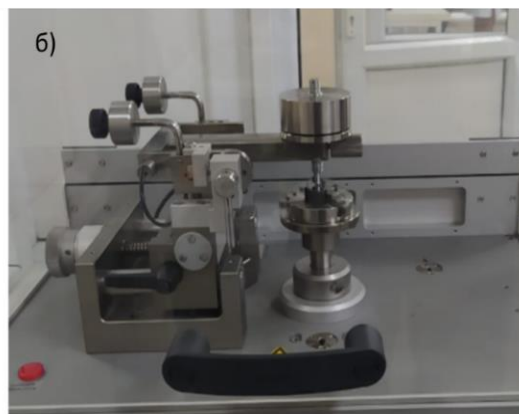
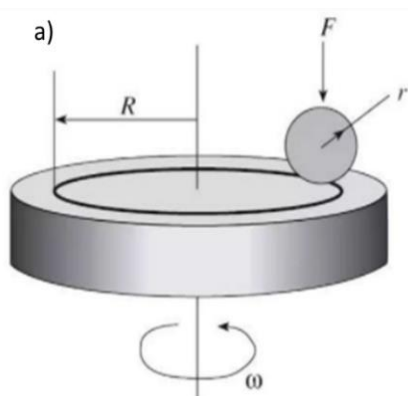
мұндағы P – алмаз ұшына түсетін қалыпты жүктеме, Н;

S - алынған баспаның бүйір бетінің номиналды ауданы, мм²;

d – шаршы баспаның екі диагоналының ұзындығының орташа арифметикалық мәні, мм.

Микроқаттылық мәндерін дәл өлшеу үшін 10 реттік батырма жасалды жасалды.

Сонымен қатар трибологиялық сынақтар TRB³ трибометрінде "шар-диск" схемасына негізделген стандартты әдісіне (ASTM G99 халықаралық стандарттары) сүйене отырып жүргізілді (сурет 1). Үлгінің айналу жылдамдығы - 3 см/с, жүктеме 10 Н, диаметрі 6 мм болатын 100Cr6 болаттан жасалған шар қарсы дене ретінде пайдаланылды. Тозу көлемін профилометр 130 қондырғысының көмеге арқылы зерттелді.



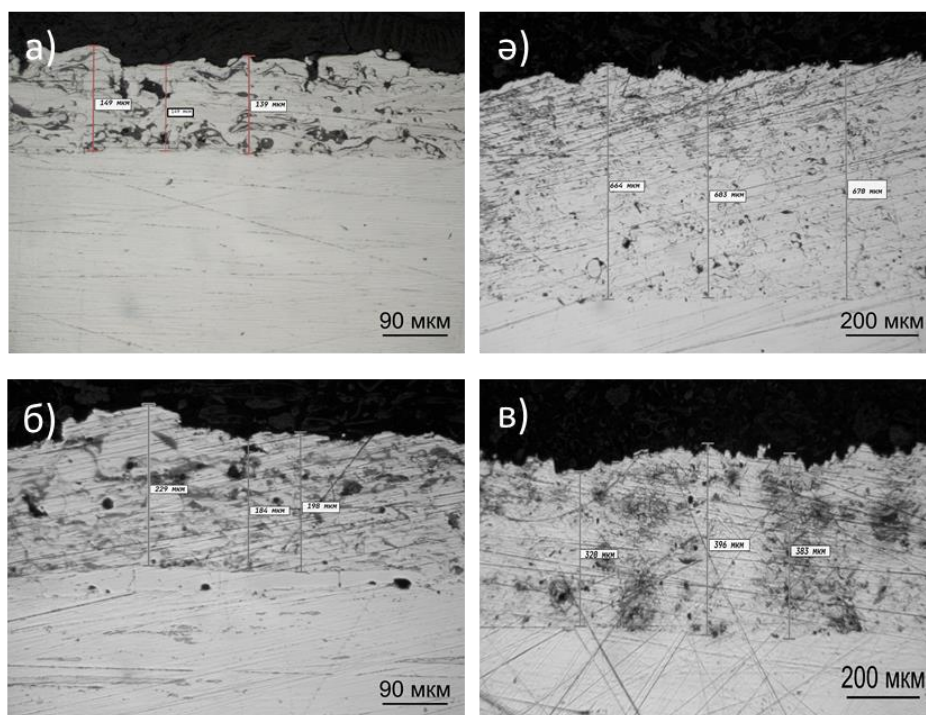
Сурет 1. «шар-диск» сынағының схемасы (а); трибометр (б)

Кесте-1. Бұрку режимі

Үлгі	Фракция	U,B	I,A	Аргон шығыны, л/мин	Азот шығыны, л/мин	Ара қашақтық, мм
1	45	26	600	33	12	150
2	63	33				
3	45	26				
4	45	30				

Нәтижелер және оны талқылау

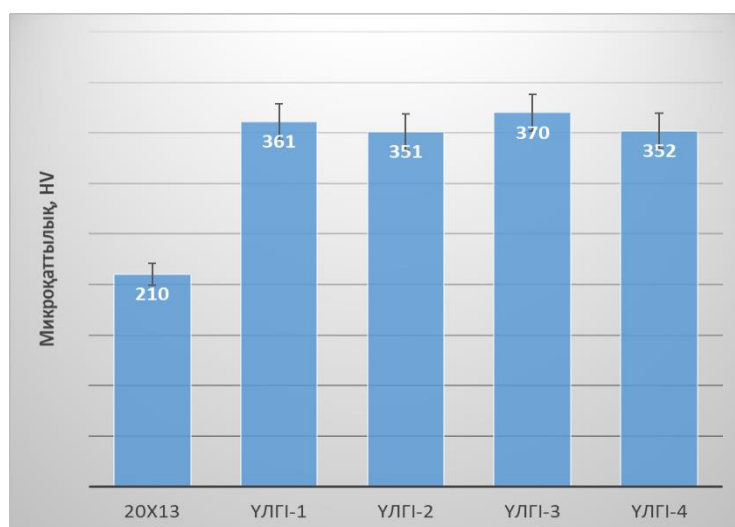
2-ші суретте бұрку режиіміне сәйкес, оптикалық микроскоппен алынған жабын құрлымының көлденең қыймасының нәтижелері көрсетілген. Жабын біртекті және аздаған кеуектіліктен құралған газотермиялық әдіспен алынған жабын құрлымына тән сипатқа ие. Жабындардың қалыңдығы режимдерге сәйкес әр түрлі. Сонымен қатар сұр, қара реңді аймақтардың болуы жабынның Fe-Cr-Al негізіндегі композитті қоспалар екеніне болжамды дәлел бола алады.



а) үлгі-1; ә) үлгі-2; б) үлгі-3; в) үлгі-4

Сурет 2. Жабын үлгілерінің көлденең қимасының кескіні.

Үлгілердің қаттылығын сынау нәтижелері 3-ші суретте көрсетілген. Fe-Cr-Al жабындары 20X13 болатымен салыстырғанда қаттылық мәнін әлдеқайда жоғары көрсеткенін анықтауға болады. Fe-Cr-Al жабындарының орташа микроқаттылығы 358HV_{0,1} құрайды. Осыған ұқсас нәтижелер әдебиеттерде кездеседі [7,8].



Сурет 3. Үлгілердің микроқаттылығы

Кесте-2. Трибологиялық сынақтар нәтижесі

Атауы	20X13	Үлгі-1	Үлгі-2	Үлгі-3	Үлгі-4
Тозу ауданы, S (мм ³)	0,0508	0,0479	0,0315	0,0412	0,0594
Үйкеліс коэффициенті, μ	0,826	0,786	0,682	0,737	0,779

Зерттелетін үлгілердің үйкеліс коэффициентінің нәтижелері 2-ші көрсетілген. Құрғақ үйкеліс кезінде 100Cr6 қарсы денеге қатысты Fe-Cr-Al жабындарының үйкеліс коэффициенті 20X13 болатымен салыстырғанда төмен екендігі көрсетілген, бұл бірдей сынақ жағдайында жабынның салыстырмалы тозуға төзімділігін көрсетеді. Сонымен қатар 2-ші кестеде 20X13 болат үлгісінің және жабынның трибологиялық сынақтан кейінгі тозу мөлшері көрсетілген. Жабын алған үлгінің тозу мөлшері 20X13 болатымен салыстырғанда аз екенін байқауға болады, бұл ауа плазмалық бүркуден кейінгі жабындардың тозуға төзімділігінің көрсетеді.

Қорытынды

Бұл мақалада Fe-Cr-Al жабындарының құрылымына, қаттылығына және трибологиялық қасиеттеріне ауа плазмалық бүрку режимдерінің әсері зерттеледі. Ауа плазмалық бүрку процесінде ток күші жабындардың құрылымдық-фазалық күйлері мен қасиеттерін анықтайтын негізгі параметр болып табылады. Осылайша, алынған нәтижелерге сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады:

1. Ауа плазмалық бүркуден кейін, режимге сәйкес қалыңдығы 0,5 мм-ге дейін баратын біртекті және аздаған кеуектіліктен тұратын жоғары қаттылық пен тозуға төзімді жабын түзілетіні анықталды.

2. ASTM-G99 стандарты бойынша трибологиялық сынақтардың нәтижелерін талдау негізінде Fe-Cr-Al жабыны құрғақ үйкеліс коэффициентінің төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Fe-Cr-Al жабындарын қолданғаннан кейін болаттың микроқаттылығы 40% артады;

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің АР14972882 «Энергомашина жасау саласында қолдану үшін ауа-плазмалық бүрку әдісімен интерметаллидті жабындарды алудың ғылыми-технологиялық негіздерін әзірлеу» гранты аясында жүзеге асырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Yaghtin, A. H., Salahinejad, E., Khosravifard, A., Araghi, A., & Akhbarizadeh, A. (2015). *Corrosive wear behavior of chromium carbide coatings deposited by air plasma spraying. Ceramics International*, 41(6), 7916–7920. doi:10.1016/j.ceramint.2015.02.131
2. Ахмедьянов А. М., Рущиц С. В., Смирнов М. А. Физическое и математическое моделирование горячей деформации стали 20Х13 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. – 2013. – Т. 13. – №. 2. – С. 116-124
3. Chen, Z., Trice, R. W., Besser, M., Yang, X., & Sordet, D. (2004). *Air-plasma spraying colloidal solutions of nanosized ceramic powders. Journal of Materials Science*, 39(13), 4171–4178. doi:10.1023/b:jmsc.0000033396.51316.8b
4. Tendero, C., Tixier, C., Tristant, P., Desmaison, J., & Leprince, P. (2006). *Atmospheric pressure plasmas: A review. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 61(1), 2–30. doi:10.1016/j.sab.2005.10.003
5. Кенесбеков А.Б., Рахышов Т.Т., Рахадиллов Б.К. Модификация оборудования и способа нанесения покрытий методом воздушно-плазменного напыления // VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ. – 2020. – С.66-68.
6. Mauer, G., Vaßen, R., & Stöver, D. (2009). *Atmospheric plasma spraying of yttria-stabilized zirconia coatings with specific porosity. Surface and Coatings Technology*, 204(1-2), 172–179. doi:10.1016/j.surfcoat.2009.07.017
7. Шморгун В. Г. и др. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАРОСТОЙКОСТИ СЛОИСТОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ AL-CR-NI // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – №. 8. – С. 22-26.
8. Шморгун В. Г. и др. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ FE-CR-AL НА ИХ ЖАРОСТОЙКОСТЬ // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2021. – №. 4. – С. 7-12.

ИМПУЛЬСТІ-ПЛАЗМАЛЫҚ ӨНДЕУ ҚАШЫҚТЫҒЫНЫҢ $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ НЕГІЗІНДЕГІ ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАТТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыста импульсті-плазмалық өңдеу қашықтығының $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ негізіндегі детонациялық жабындардың беткі қабатының құрылымдық-фазалық күйіне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыс көп камералы детонациялық құрылғыны және одан кейінгі импульсті-плазмалық өңдеуді қолдана отырып, $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабындарын қолдануды қамтитын технологияны зерттейді. Өңдеуден кейін плазмалық импульстардың әсерінен жабындардың бұзылу белгілерінсіз жабындардың құрылымдық элементтерінің балқуы және туралануы байқалады. Жабындардың микроқұрылымы $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ негізіндегі балқытылған металл керамикалық материал екені анықталды.

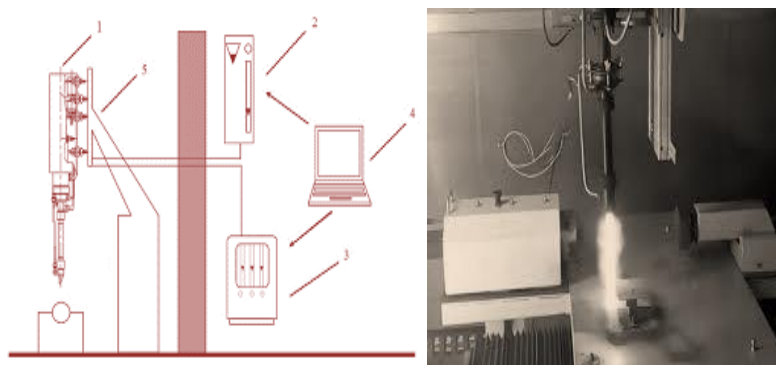
Түйін сөздер: жабын, детонациялық бүрку, импульсті плазмалық өңдеу, қаттылық.

Кіріспе

Өнімділік сипаттамалары олардың жұмыс беттерінің қасиеттерімен анықталатын бұйымдардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыру кезек күттірмейтін міндет болып табылады. Өнімдердің өнімділік қасиеттерін жақсарту және ұзақ мерзімділігін арттырудың ең перспективалы әдістерінің бірі - әртүрлі бүрку технологияларын қолдана отырып, олардың беттеріне функционалды жабындарды қолдану. $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ металл-керамикалық композицияның тозуға және коррозияға салыстырмалы түрде жоғары төзімділігін ескере отырып, бұл жабындар қалдық жану қазандықтарының ыстық бөлігіндегі болат элементтеріне тозуға төзімді жабындарды қолдану үшін кеңінен қолданыла бастады. сондай-ақ табиғи газбен жұмыс істейтін электр пештері мен жабдықтарында [1]. Бұл металл-керамикалық жабындар плазмалық бүрку, детонациялық бүрку әдісі, сондай-ақ жоғары жылдамдықты газды жалынмен бүрку (HVOF, HVOF). Детонация әдісімен (ДБ) алынған жабын суық бүрку мен HVOF-пен салыстырғанда тығызырақ. [1] жұмысында ДБ әдісімен алынған $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабыны HVOF әдісімен алынған жабындармен салыстырғанда эрозия-коррозия процестері мен тотығу жылдамдығын айтарлықтай төмендететіні анықталды. сияқты әртүрлі газотермиялық бүрку әдістерімен қолданылады. Газотермиялық жабындардың сапалық сипаттамаларының жоғарылауына сыртқы жоғары энергетикалық әсер ету арқылы қол жеткізуге болады [2]. Ең тиімді технология – бұл бетті өзгертуді қамтитын күрделі импульстік-плазмалық өңдеу: магнит өрісі, электр тогы (зарядталған элементар бөлшектер ағыны), құрамында металл және металл емес легирлеуші элементтер бар жоғары градиентті жылу ағыны (плазма) [3]. Жоғарыда айтылғандарға байланысты бұл жұмыстың мақсаты $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ негізіндегі детонациялық жабындардың құрылымы мен қасиетіне импульсті-плазмалық өңдеу қашықтығының әсерін зерттеу болып табылады.

Материалдар, жабдықтар және зерттеу әдістері

Бүріккіш материал ретінде дисперсиясы 10-45 мкм болатын $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ (75/25) ұнтағы (Н.С. Starck: AMPERIT® 584.054) пайдаланылды. Көп камералы детонациялық қондырғыда детонациялық бүрку (ДН) әдісін қолдана отырып, 12Kh1MF болаттан жасалған үлгілерге жабындар қолданылды. Бүрку көп камералы детонациялық қондырғының (ККДҚ) [2] көмегімен жүзеге асырылады, мұнда ұнтақты материалды қыздыру және жеделдету пропан-бутан, оттегі және ауадан тұратын жанғыш газ қоспасының детонациялық жану өнімдерімен жүзеге асырылады. Жабындарды жағуға арналған жабдық (сурет 1) бүркуге арналған көп камералы детонациялық құрылғыдан – 1; ұнтақты коректендіргіштен – 2; Жанғыш қоспаны беруге арналған газ пультінен – 3; технологиялық процесті басқару жүйесінен – 4; детонациялық құрылғыны жылжытуға арналған автоматтандырылған жүйеден – 5 тұрады.



1-сурет - Жабындарды жағуға арналған жабдық
а –қондырғының схемасы; б - жұмыс кезінде қондырғының сыртқы түрі

Газ қоспасының компоненттерінің құрамы мен шығыны 1-кестеде келтірілген.

1-кесте - Газ қоспасының компоненттерінің құрамы мен шығыны

Қоспаның компоненттері:		Газ шығындары, м ³ /ч
1 камера	O ₂	2.92
	ауа	1.33
	C ₃ H ₈	0.66
2 камера	O ₂	2.93
	ауа	1.43
	C ₃ H ₈	0.66
Тасымалдаушы газ:		0,9

Өнімнің бетіндегі детонациялық жабынды өзгерту үшін импульстік плазмалық өңдеу (ИПӨ) қолданылды. Жоғары энергиялы импульстарды қалыптастыру плазматронда екі коаксиалды электродтар арасында жанғыш газ қоспаларының (C₃H₈ және O₂) жануының стационарлық емес детонациялық режимдерін енгізу арқылы жүзеге асырылады. Импульсті-плазмалық өңдеу параметрлері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте - ИПӨ параметрлері

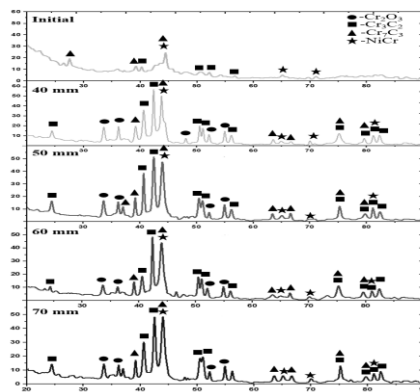
Параметр	
Конденсаторлық батарея тақталарындағы кернеу (В)	3200
Разрядты тізбектің конденсаторлық батареясының сыйымдылығы (мкФ)	960
Разряд тізбегінің индуктивтілігі (мкГн)	30
Плазмалық импульстардың жиілігі (Гц)	1.2
Плазмотронның өнімге қатысты орын ауыстыру жылдамдығы (мм / сек)	3.4
Үлгінің бетіне дейінгі қашықтық (мм)	40,50,60,70

ДБ және ДБ/ИПӨ жабындарының фазалық құрамы Cu-K α сәулеленуімен ($\lambda = 2,2897 \text{ \AA}$), кернеуі 40 X'PertPRO рентгендік дифрактометрде рентгендік дифракциялық талдау арқылы зерттелді. кВ және ток 30 мА. Дифракция үлгілері HighScore бағдарламасы арқылы түсіндірілді; өлшеулер 0,02 қадаммен және 0,5 с/қадам санау уақытымен 20°-90°-ге тең 2 θ диапазонында жүргізілді. Қаптама бетінің микросуреттері металлографиялық микроскоптың көмегімен алынды (үлгі Altami MET 5S, «Altami LLC»). Ра жабындарының бетінің кедір-бұдырлығы 130 үлгідегі профилометрдің көмегімен бағаланды.

Үлгілердің көлденең қимасының қаттылығы ГОСТ Р8.748-2011 сәйкес NanoScan-4D наноқаттылықты өлшейтін құралды пайдаланып, Беркович инденторын пайдаланып, 100 мН жүктемеде жүргізілді.

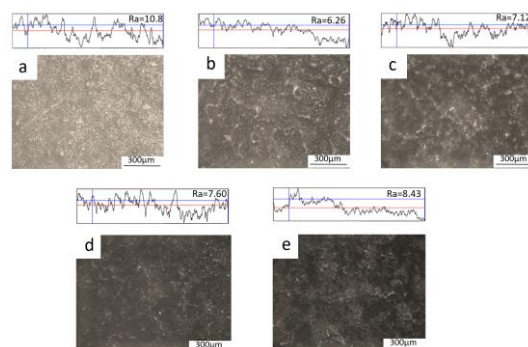
Нәтижелер және талқылау

2-суретте импульстік плазмалық өңдеуге дейінгі (ДБ) және кейінгі (ДБ /ИПӨ) жабын бетінің дирактограммасы көрсетілген. Импульстік плазмалық өңдеуге дейін жабындарда келесі фазалық компоненттер табылды: NiCr, Cr₃C₂ және Cr₇C₃ фазалары (3-сурет). ИПӨ-ден кейін бетінде хром оксидінің Cr₂O₃ фазалары табылды (3-сурет). Сонымен қатар, ИПӨ-ден кейін рентгендік дифракциялық суретте хром карбиді Cr₃C₂ шыңдарының қарқындылығының жоғарылауы байқалады, сонымен қатар дифракциялық сурет осы фазаға қатысты көптеген жаңа шағылыстарды анықтайды, олардың себебі белсенді көміртегі мен оттегі бар плазма тотығу мен карбюризацияның бір-бірін жоққа шығаратын екі химиялық-термиялық процесінің туындауын тудыратын импульстік плазманың есебінен жабу бетінің қысқа мерзімді активтенуі. Күшейтілген металл матрицадағы хром оксиді мен карбидтің қатты фазаларының комбинациясы абразивті тозу жағдайында алынған материалдың төзімділігін айтарлықтай арттырады. Хром карбидінің Cr₃C₂ және Cr₂O₃ шыңдарының қарқындылығының үлкен өсуі 40 мм қашықтықта байқалады. Ал қазірдің өзінде 70 мм қашықтықта Cr₃C₂ және Cr₂O₃ шыңдарының қарқындылығының төмендеуі байқалады.



2-сурет - Импульстік плазмалық өңдеуге дейін және кейінгі $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабынының бетінің рентгендік дифрактограммалары

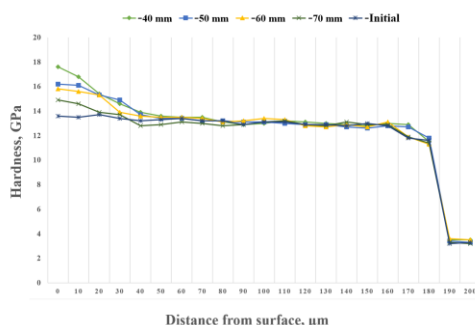
3-суретте $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{+NiCr}$ негізіндегі жабын материалының бетінің кедір-бұдырлығын өлшеу нәтижелері көрсетілген, оған сәйкес беттің кеуектері бар гетерогенді құрылымға ие екендігі анықталды. Қаптама бетінің кедір-бұдырлығын бағалаудың негізгі параметрі ретінде профильдің орташа арифметикалық ауытқуы болып табылатын R_a мәні таңдалды. Кедір-бұдырлық мәні өңдеу қашықтығына байланысты. Ең аз кедір-бұдыр 40 мм қашықтықта импульстік плазмалық өңдеуден кейін байқалады (3б-сурет). Беттік кедір-бұдырлық мәндері PPT алдындағы жабынның кедір-бұдырлық параметрлерімен салыстырғанда $\approx 42\%$ құрайды. Және де басқа қашықтықтарда кедір-бұдырлықтың төмендеуі байқалады (3с, d, е-сурет). Кедір-бұдырлық индексінің бұл төмендеуі импульстік плазма арқылы жабын кедір-бұдырының шығыңқы бөліктері мен кеуектерінің балқуына байланысты, бұл кедір-бұдырлық мәнінің төмендеуіне ықпал етті.



3-сурет - $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабынының импульстік плазмалық өңдеуге дейінгі (а) және кейінгі (b-40 мм, c-50 мм, d-60 мм, 70- мм) рельефі мен бетінің кедір-бұдырлығының фотосуреттері

Наноиндентация әдісімен $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ детонациялық жабындарының қаттылығы импульстік-плазмалық өңдеуге дейін және одан кейін анықталды. Нәтижелері қаттылықты өлшеу 4-суретте көрсетілген. Импульсті-плазмалық

өңдеуден кейінгі жабындардың қаттылығы бастапқы жабынмен салыстырғанда жоғары мәнге ие. Қаттылық мөлшері өңдеу қашықтығына байланысты. Жоғары қаттылық импульсті-плазмалық өңдеуден кейін 40 мм (~17,6 GPa) қашықтықта байқалады, ал плазмотронның өңделетін бетінен алыстауы кезінде қаттылық төмендейді. Бұл материалдың локализацияланған балку дәрежесіне байланысты болуы мүмкін, бұл импульстік плазманың әсер ету қашықтығына байланысты.



4-сурет - $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабынының импульстік плазмалық өңдеуге дейінгі (a) және кейінгі (b-40 мм, c-50мм,d-60 мм,70- мм) қаттылығы

Қорытынды

Алынған эксперименттік мәліметтер мен оларды талдау негізінде келесі тұжырымдар жасалды:

- ИПО-ден кейін жабын бетінде Cr_2O_3 хром оксидінің фазалары табылғаны анықталды, сонымен қатар Cr_3C_2 шындарының қарқындылығы артып, Cr_3C_2 фазасының жоғарылауын көрсететін жаңа Cr_3C_2 рефлекстері пайда болды
- 40 мм қашықтықта өңделген жабын басқа ИПО режимдерімен салыстырғанда минималды кеуектілікпен сипатталады. Кедір бұдыр көрсеткішінің төмендеуі импульстік плазманың шығыңқы фрагменттердің және жабынның кеуектерінің еруіне байланысты
- Импульсті-плазмалық өңдеу (ИПО) $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ жабын материалының қаттылығын ~13,4 ГПа-дан (бастапқы) ~ 17,6 ГПа-ға арттыруға ықпал етеді;
- Алынған мәліметтер негізінде 40 мм қашықтықта импульсті-плазмалық өңдеу ең оңтайлы болып табылады

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Pogrebnjak, A.D. and Tyurin, Y.N., Modification of material properties and coating deposition using plasma jets, *PhysicsUspekhi*, 2005, vol. 48, no. 5, pp. 487–514.
2. N Tyurin Y., V Kolisnichenko O. Plasma-detonation technology for modification of the surface layer of metal parts // *The Open Surface Science Journal*. – 2009. – Т. 1. – №. 1.
3. Kakimzhanov D. N. et al. Influence of pulsed plasma treatment on phase composition and hardness of $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ coatings // *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials*. – 2021. – Т. 5. – №. 1. – С. 45-51.

УДК 621.9.047.7

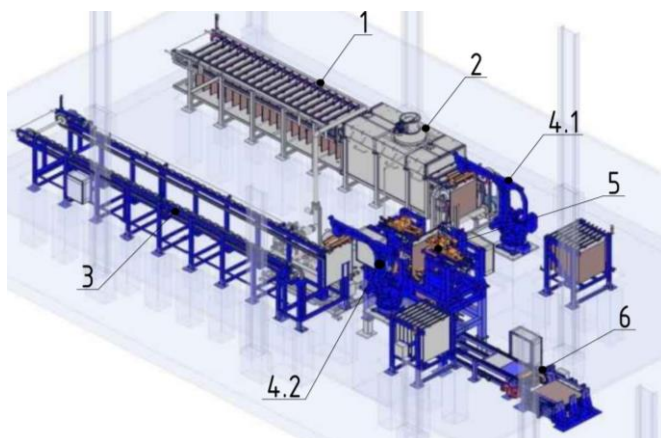
Қазимуллаев Ж.М. (23-МТМ-2т, ШҚТУ), Комбаев К. К. (т.ғ.к., ШҚТУ),
Сыпайнова Г.С. (оқытушы, ШҚТУ)КАТОДТЫ МЫСТЫ МАТРИЦАДАН БӨЛІП АЛУ МАШИНАСЫНЫҢ
ТҮСІРУ КОНВЕЙЕРІНІҢ ЖҰЛДЫЗШАСЫН ЭЛЕКТРОЛИТТІК-
ПЛАЗМАЛЫҚ ШЫНЫҚТЫРУ

Аңдатпа. Катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасының конвейерінің жұлдызшасын пайдалану күрделі жағдайларда және тотығу ортасында жүзеге асырылады. Осыған байланысты жұлдызшаның қарқынды тозуы, материалдың сыртқы қатайтылған қабатының желінуі және жиі ауыстырылуы байқалады. Бұл өз кезегінде өндіріс процесіне кері әсер етіп, көлемді мөлшердегі шығындарға әкеледі. Беттік тозуды азайту және жабдықтың қызмет ету мерзімін арттыру үшін, катодты матрицадан бөліп алу машинасының конвейерінің жұлдызшасының механикалық қасиеттерін арттыру мақсатында электролитті-плазмалық қатайту технологиясы әзірленді. Өңдеуге дейінгі және өңдеуден өткен үлгілердің микроқұрылымын зерттеу нәтижелері болат бетінің құрылымының өзгергенін көрсетеді.

Түйін сөздер: Катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасы, электролитті плазмалық қатайту, жұлдызша, микроқаттылық, тот баспайтын болат.

Гидрометаллургия, соның ішінде үйінді сілтіден айыру әдісі адам денсаулығы мен қоршаған ортаға әсер ететін бірқатар зиянды жағдайларды туғызады. Өндірістің орналасқан жері мен сипаттамаларына байланысты үйінді сілтіден айыру "қауіпті өндірістік нысандар" немесе "химиялық қауіпті нысандар" сияқты зиянды жағдайларға байланысты әртүрлі санаттарға түсуі мүмкін. Қауіпсіздік пен қоршаған ортаны қорғауды сақтау үшін үйінді сілтіден айырумен айналысатын компаниялар тиісті стандарттар мен нормаларды сақтауға және мүмкіндігінше өндіріс процесін автоматтандыруды қамтамасыз етуге міндетті. Өндірістік процесстерді автоматтандыру үшін көптеген технологиялық жабдықтар қолданылады, солардың бірі- катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасы [1].

Катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасы, сурет 1, катодты мыс өндіру процесін автоматтандыруға арналған, бірнеше жабдықтардан тұратын машина. Жұмыс істеу принципі келесідей: Тұндырылған катодты мыс кранмен, автоматты жуу станциясына 2 қосылған тиеу конвейеріне 1 орналастырады. Катодты мыс жуу станциясында 2 тазартылғаннан кейін оларды арнайы робот 4.1 көтеріп, мысты бөліп алу станциясына 5 орналастырады. Мысты бөліп алу станциясы 5 катодты мыстың үстіңгі және астыңғы жағынан ұстап тұрып, мыс матрицадан бөлінуі үшін матрицаның бүйірлерін бүгеді. Бос қалған матрицаны екінші робот 4.2 түсіру конвейеріне 3 орналастырады. Матрицадан бөлінген мыс парағы төмен құлап, түсіру құрылғысымен конвейер арқылы төсеу аймағына 6 ауыстырылады, әрі қарай олар қолмен байланады, өлшенеді және таңбаланады.

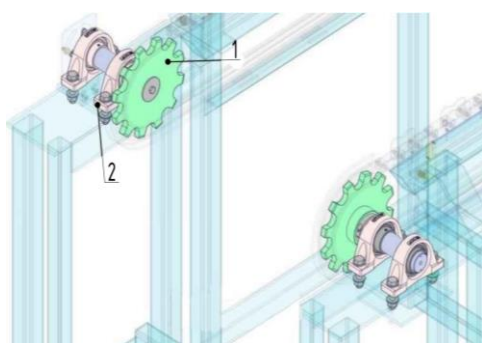


- 1- Тиеу конвейеры;
- 2- Автоматты жуу станциясы;
- 3- Түсіру конвейері;
- 4.1 және 4.2- катодты мысты түсіріп-тиеу жұмыстарына арналған арнайы роботтар;
- 5- Мысты бөліп алу станциясы;
- 6- Төсеу аймағы (түсіру құрылғысы, төсеу аймағының конвейері)

Сурет 1- Катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасы

Өндірістегі кез келген жабдықтың ақаудан шығуы белгілі бір мөлшердегі шығынға әкеліп соқтырады [2]. Катодты мысты матрицадан бөліп алу машинасы (КСМ) катодты мыс өндіру процессінің маңызды жабдықтарының бірі болып табылатындықтан, оның ақаудан шықпай жұмыс істеуі өте маңызды. Себебі оның жоспардан тыс ақаудан шығуы: $8534,5 \text{ тонна/АҚШ доллары} \times 2 \text{ тонна} = 17069 \text{ АҚШ доллары}$ көлеміндегі шығынға әкеліп соқтырады. Мұндағы- $8534,5 \text{ тонна/АҚШ доллары}$ - Лондон металдар биржасындағы мыстың тоннасының бағасы; 2 тонна- бір сағатта шығарылатын мыстың көлемі [3].

Зерттеу нысаны үшін КСМ конвейерінің жұлдызшасы алынды, сурет 2. Бұл бөлік тот баспайтын болаттан жасалған 12Х18Н10Т. Пайдалану кезінде жұлдызша жоғары циклдік жүктемелерге ұшырайды, олар көлденең қималарда бұралу, созылу-қысу сияқты кернеулер тудырады [4]. Бұл тістердің механикалық тозуына, моменттің берілу тиімділігін жоғалтылуына және қызмет ету мерзімінің қысқартылуына немесе олардың зақымдалуына әкеліп соқтырады.

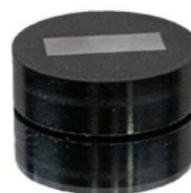


- 1- Жұлдызша; 2- мойынтірек корпусы

Сурет 2- Қарқынды тозуға ұшырайтын КСМ конвейерінің 12Х18Н10Т тот баспайтын болаттан жасалған жұлдызшасы

Электролиттік-плазмалық өндеудің КСМ конвейерінің жұлдызшасының беткі қабатының құрылымына әсерін зерттеу үшін жұлдызшадан үлгі кесіліп алынды, сурет 3. Бұл үлгі микроскопиялық талдау үшін тегістеуден және

жылтыратудан өтіп, содан кейін азот қышқылы мен этил спиртінің 5% ерітіндісімен ($5\% \text{HNO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) күйдіру процессінен өтті, күйдіру уақыты 10с.

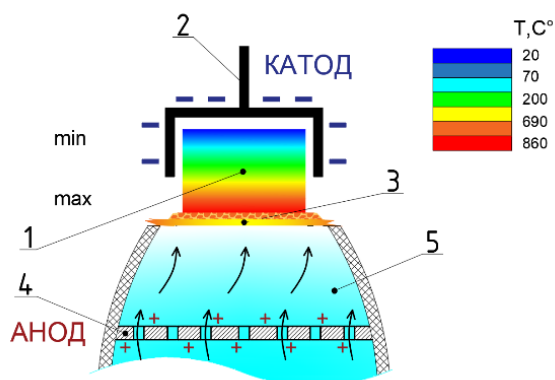


а) Жұлдызшадан кесіліп алынған үлгі

б) Микроскопиялық анализға дайындалған үлгі

Сурет 3- Электрлиттік- плазмалық қатайту процессі үшін дайындалған үлгі

Электрлиттік-плазмалық шынықтыру (ЭПШ) процесі кронштейнге 2 бекітілген болат үлгісінің 1 бетін аустенитке фазалық ауысудың басталу температурасына дейін қыздырудан тұрады, сурет 4. Қыздыру иондалған газ болып табылатын плазманың 3 энергия бөлуі арқылы жүзеге асырылады [5]. Плазма теріс потенциалға қосылған өңделетін бет пен оң потенциалға қосылған пластинамен кальцийленген соданың 10% ерітіндісінен (Na_2CO_3) тұратын электролит 5 арасында түзіледі. Кернеу өшірілген кезде плазманың түзілуі тоқтайды және бөліктің беті электролитпен салқындатылады.



а) 1- ЭПШ-ға арналған болат үлгісі; 2- кронштейн; 3- плазма; 4- анодты пластина; 5- электролит

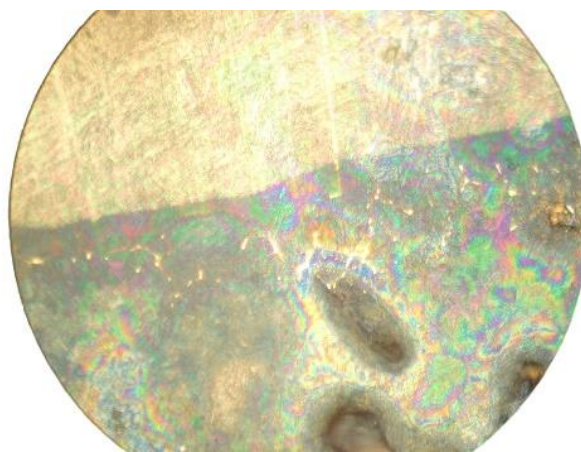
б) ЭПШ процессі

Сурет 4- Электрлиттік-плазмалық шынықтыруға арналған эксперименттік қондырғы

ЭПШ процесінен өткен үлгіде, микроқаттылықтың күрт төмендеуі термиялық әсер ету аймағы мен негізгі металлдың арасында байқалады, онда материалдың құрылымы мен химиялық құрамы да өзгеріске ұшыраған, сурет 5.



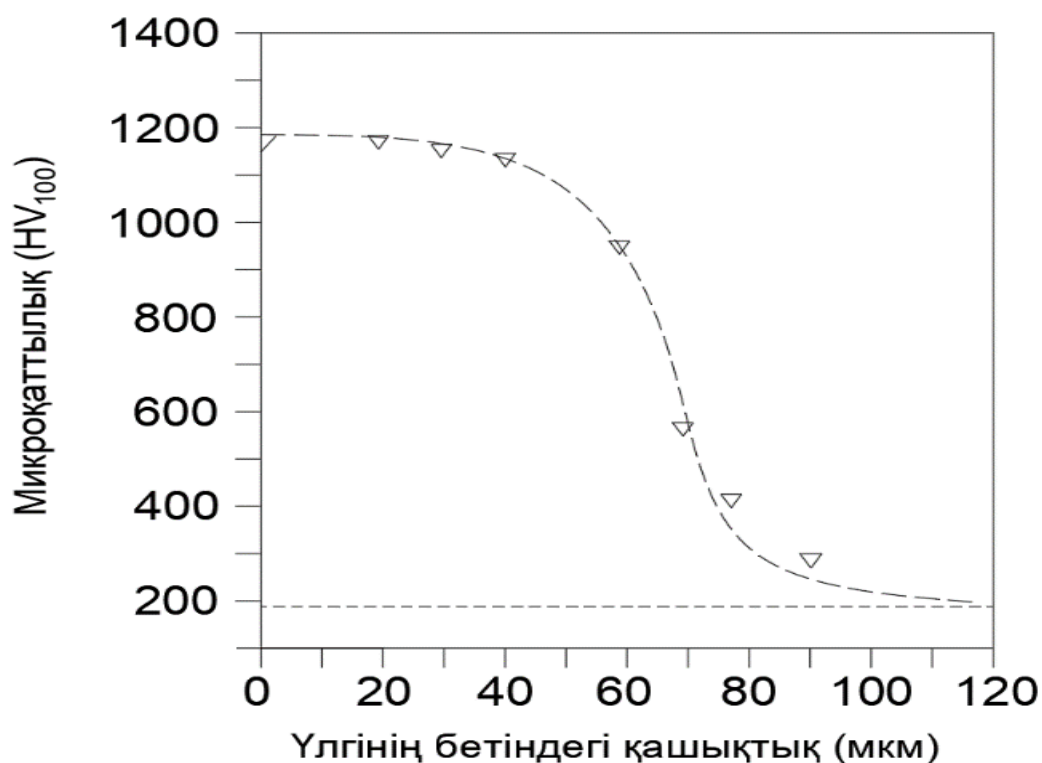
а) қатайтуға дейін



б) қатайтудан кейін

Сурет 5- 12X18H10T болаттан жасалған үлгі бетінің микроқұрылымы

ЭПШ-дан кейінгі болаттың көлденең қимасындағы микроқаттылықтың өзгеруі, негізгі металмен (~ 200 HV) салыстырғанда микроқаттылықтың жоғарылауын (~ 1180 HV) көрсетті, 6-сурет.



Сурет 6- ЭПШ-дан кейінгі болаттың көлденең қимасындағы микроқаттылықтың өзгеруі

Электролитті-плазмалық қатайту 12X18H10T тот баспайтын болаттың беткі қабатының құрылымын мартенситтік аустениттік кластың ұсақ түйіршікті жұқа ине тәрізді құрылымына өзгеруімен, сәйкесінше беткі қабатының беріктігінің арттырылуымен сипатталады [6].

Қорытынды:

1. 12X18H10T тот баспайтын болат, электролиттік-плазмалық өңдеуден кейін қалыңдығы 70...80 мкм болатын шыңдалған қабат беретіндігі анықталды;
2. ЭПШ-дан кейінгі болаттың көлденең қимасындағы микроқаттылық ~200 HV-ден ~1180 HV-ге дейін жоғарылады.

Мақала ИРН АР23488351 "Қазақстандық өндірістің құбыр арматурасының конструкцияларын оңтайландыру үшін жобалау, модельдеу және инженерлік талдау зертханасын құру" гранттық жобасын іске асыру шеңберінде, "Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім Министрлігінің Ғылым комитеті"-нің қаржылық қолдауымен жазылған.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Rakhadilov, B.K., Sagdoldina, Zh.B., Ocheredko, I.A., Kombayev, K.K., Khassenov, A.K. Impact research of electron beam processing on the structure and properties of PA6 polyamide//Eurasian Physical Technical Journalthis link is disabled, 2019, 16(2), pp. 43–47. DOI10.31489/2019No2/43-47
2. Будилов, В. В. Моделирование процесса локального ионного азотирования с эффектом полого катода на примере детали «зубчатое колесо» / В. В. Будилов, К. Н. Рамазанов, Ю. Г. Хусаинов, И. В. Золотов // Вестник УГАТУ. – 2015. – № 2. – С. 3.
3. Герасимов, С. А. Моделирование процесса ионного азотирования / С. А. Герасимов, М. Г. Крукович, Е. А. Бадерко, Н. П. Клочков // Наука и образование: научное издание МГТУ. – 2013. – № 1. – С. 313.
4. K. Kombayev, A. Kim, G. Sypainova, D. Yelemanov. Improving wear resistance by electrolyte-plasma hardening of corrosion-resistant steel of the tip // Istraživanja i projektovanja za privredu ISSN 1451-4117 DOI:10.5937/jaes0-42291 www.engineeringscience.rs/ Journal of Applied Engineering Science Vol. 21, No. 3, 2023 Original Scientific Paper. 21(2023)3, 1122, Paper number: 810-819.
5. K. Kombayev, M. Muzdybayev, A. Muzdybayeva, D. Myrzabekova, W. Wieleba, T. Leśniewski, (2022). Functional Surface Layer Strengthening and Wear Resistance Increasing of a Low Carbon Steel by Electrolytic-Plasma Processing. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 68(9), 542-551. DOI:10.5545/sv-jme.2022.147.
6. Kombayev, K., Kim, A., Yelemanov, D., Sypainova, G. Strengthening of Low-Carbon Alloy Steel by Electrolytic-Plasma Hardening//International Review of Mechanical Engineeringthis link is disabled, 2022, 16(2), pp. 84–91. DOI 10.15866/ireme.v16i2

ИНЖЕНЕРЛІК БІЛІМ БЕРУДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

***Аңдатпа.** Соңғы жылдары жасанды интеллектке (ЖИ) қызығушылықтың артуына байланысты бұл пәнді қолданбалы техникалық мамандықтар студенттеріне оқыту өзекті болып отыр. 70 жылға жуық уақыт бойы осы ғылыми бағыттың қалыптасуына қарамастан, осы ғылымның терминологиясы, оның қазіргі кезеңдегі міндеттері және инженерлік білім беруде қолданылуы туралы әлі күнге дейін нақты түсінік жоқ. Сонымен қатар, көбінесе жасанды интеллект терминологиясы студенттерді адастырады. Мақалада жасанды интеллект туралы идеялардың дамуындағы қазіргі жағдай, оны инженерлік білім беруде қолдану мүмкіндігі қарастырылады. Талдау негізінде-ЖИ-нің нақты мүмкіндіктері үшін пән бойынша оқытудың өзекті мазмұны анықталды*

***Түйін сөздер:** Инженерлік білім, жасанды интеллект, оқыту мазмұны, шешім қабылдауды қолдау, пәнаралық тәсіл.*

Қазіргі уақытта қоғамның жасанды интеллект (ЖИ) мәселелеріне деген қызығушылығының кезекті өсуі байқалады. "Жасанды интеллект" тіркесі бұқаралық ақпарат құралдарында ең жиі кездесетіндердің біріне айналды. ВЦИОМ1 жүргізген сауалнама сауалнамаға қатысқандардың 75% - ы ЖИ туралы естігенін көрсетті, бірақ респонденттердің тек 29% - ы бұл ұғымның мәнін түсінеді деп санайды. Біздің ойымызша, жасанды интеллекттің нақты мүмкіндіктерін түсінбеу көптеген қате түсініктердің себебі болып табылады және бұл оқу мазмұнын анықтауда үлкен маңызға ие. Жасанды интеллект ғылымының даму тарихы жалпы қоғамдағы және әсіресе ғылымдағы жасанды интеллект тақырыбына қызығушылықтың бірнеше рет көтерілуін көрсетеді, олар негізсіз үміттер мен қол жеткізілген мақсаттардың болмауына байланысты ұзақ уақыт көңілсіздік кезеңдерімен ("жасанды интеллект қысы" деп аталады) ауыстырылды. Сауалнамаға қатысқандардың көпшілігі (87%) мемлекет жасанды интеллекттің дамуына ықпал етуі керек деп санайды, оның ішінде 36% (1-ші орын) осы саладағы мемлекеттік саясаттың негізгі бағыттарының бірі кадрлар даярлау деп санайды. Бұл жасанды интеллектті дамытудың негізгі мәселесі, өйткені бұл кәсіби қызметте жасанды интеллектті қолдануға кадрларды даярлау көңілсіз "қыстардан" арылуға және жасанды интеллектті дамытуды тиімді бағытқа бағыттауға мүмкіндік береді.

Тұлғаға бағытталған көзқараспен білім беру мазмұны білім, Дағдылар мен дағдылар жүйесін білдіреді, оны игеру кәсіби қызметке дайындалған тұлғаның қалыптасуын қамтамасыз етуге арналған [1]. Білім беру мазмұны, өздеріңіз білетіндей, тарихи сипатқа ие, өйткені ол қоғам дамуының белгілі бір кезеңіндегі білім беру мақсаттарымен анықталады. Сондықтан, жасанды интеллект туралы пікірлердің алуан түрлілігімен, оның дамуының осы тарихи кезеңінде бүгінгі және жақын болашақта қандай жасанды интеллект мүмкін екенін, осы кезеңде студенттерге нақты не үйретуге болатындығын және қажет екенін анықтау қажет.

Жасанды интеллект: тұжырымдаманың пайда болуы және қазіргі жағдайы

Инженерлік қызметте ЖИ қолдануды оқытудың мақсаты мен мазмұнын анықтау үшін алдымен осы кезеңде ЖИ нені білдіретіні туралы мәселені түсіну қажет. "Жасанды интеллект" (artificial intelligence) терминін Джон Маккарти 1959 жылы "ақылға қонымды бағдарламалар" [2] мақаласында енгізген, онда ЖИ дәл ішкі бағдарламаларды құруға қабілетті есептеу жүйесі ретінде қарастырылған. Кейінірек Джон Маккарти жасанды "интеллект – бұл әлемдегі мақсаттарға жету қабілетінің есептеу бөлігі" деп түсіндірді [3]. Барлық техникалық жүйелер мақсатты болып табылады және бұл жасанды интеллект әдіснамасының инженерлік қызметте қолданылуын көрсетеді. Алайда, егер терминнің авторы "интеллект" дегенді білдірсе, онда ол "интеллект" сөзін қолданар еді, бірақ "интеллект" емес. "Интеллект "" ақылдылық", " түсіну", " қабілеттер", " түсіністік", " тану "және тіпті" ақпарат жинау" дегенді білдіреді [4].

Бүгінгі таңда ЖИ жол қозғалысын, логистикалық процестерді, жарнаманы және т.б. басқару үшін қолданылады. Алайда, күрделі техникалық жүйелерді жобалау шешім қабылдауды қолдау әдістерін қажет етеді [5]. Мұндай әдістер техниканың пәнаралық мәселелерін шешу, үлкен деректерді талдау және басқалар үшін қажет. Құрылыс және жер үсті көлігі саласындағы шешімдерді әзірлеу жөніндегі нормативтік материалдар бір-бірімен өте тығыз байланысты, дегенмен іс жүзінде жер үсті көлігінің құрылыстары (көпірлер және басқалар) көлік объектілерімен (жылжымалы құраммен) тікелей байланысады. Күрделі жүйелердің мұндай бөлінуі танымның негізгі әдісі ретінде талдаудың кеңінен қолданылуына байланысты дамыды. "Оқу пәндері адамдардың өмірі мен кәсіби қызметінің мазмұны мен логикасын емес, ғылымды жеке ғылыми салаларға бөлу логикасын көрсетеді" [6]. Біздің ойымызша, талдауды жеке ішкі жүйелерді біртұтас жүйеге біріктіру әдістемесі ретінде синтездеу керек, өйткені бұл іс жүзінде орын алады. Осы кезеңде ғылымның әртүрлі бағыттарының жетістіктерін біріктіруді және мамандарды даярлауды талап ететін пәнаралық мәселелерді шешу қажет. Алайда, жасанды интеллект әдіснамасын тартпай, бұл біріктіру өте қиын міндет болып көрінеді.

Жасанды интеллектті "күшті" және "әлсіз" деп бөлу әдеттегідей [7]. Адам ретінде шынымен ойлайтын" күшті " жасанды интеллект өте алыс болашақтың дело болып табылады, өйткені адамның ойлауында бейсаналықтың рөлі маңызды (интуицияның приматы), нейрондар екілік санау жүйесіндегі қосқыштар емес, барлық білімді рәсімдеу мүмкін емес және т.б. [8]. Мұндай жасанды интеллект адамдар жасай алатын кез-келген ақыл-ой міндеттерін шеше алады.

"Әлсіз" немесе тар ЖИ (Narrow ЖИ13) – бұл белгілі бір тапсырмалар класын шешуге арналған ЖИ, бүгінде мүмкін. Мұндай ЖИ сандық процедураларға және белгілі бір білім саласының күрделі математикалық модельдеріне сүйенеді және әмбебап емес ("күшті").

"Әзірге тек бір ғана тапсырманы орындай алатын, бірақ лайықты деңгейде жоғары мамандандырылған ЖИ ғана мүмкін".

"Ресейдегі жоғары білім" журналының беттерінде жасанды интеллект мәселелері талқыланды. Алайда, [9] - бапта жоғары білім беруде ЖИ қолдану

мәселелерін қарастырған кезде" әлсіз " ЖИ қарастырылмайды. Мұнда жасанды интеллект екі нұсқада мүмкін деп болжанады: "әмбебап адам тәрізді интеллект" және екінші, жоғары және күрделі – "жасанды суперинтеллект", ал бірінші нұсқа адам сияқты мәселелерді шешіп қана қоймай, оларды тұжырымдай алады. Мұндай интеллекттің мысалы ретінде әлем чемпионын жеңе алатын шахмат бағдарламалары келтірілген.

Суперинтеллектке адамнан жоғары көрсеткіштермен мәселелерді шешуге мүмкіндік бар. Ұқсас термин (Super ЖИ) шетелде де кең таралған, бірақ одан да көп нәрсе түсініледі. Оксфорд философы Н. Бостром супер-ЖИ-ді кез-келген интеллект ретінде анықтайды, ол іс жүзінде барлық салаларда адамның танымдық қабілеттерінен асып түседі [10]. Бірақ бұл жағдайда да, кітаптың атауынан көрініп тұрғандай, "Super Artificial Intelligence" термині қолданылады, бірақ "Super Artificial Intellect" емес. Бұл жұмыста "күшті" интеллекттің пайда болу болжамына қатысты ЖИ-дегі жетекші мамандардың сауалнамасының нәтижелері келтірілген: ол 2050 жылға қарай күтіледі, тек 50% ықтималдықпен, ал 90% қолайлы ықтималдықпен тек 2100 жылға дейін. Айта кетейік, Кейбір ғалымдар "күшті" ЖИ ешқашан жасалмайды немесе бұл өте алыс болашақта болады деп санайды.

Қазіргі компьютерлер жасайтын символдармен ресми операциялар түсінуді, яғни ойлауды білдірмейді. Оны модельдеу үшін сізге формальды символдармен емес, мағыналармен жұмыс істейтін және одан да көп жұмыс жасайтын ойлау процестерінің түбегейлі басқа техникалық тасымалдаушылары қажет болады, мысалы, эмоциялармен, онсыз оқыту мүмкін емес. Мысалы, жұмысында "эмоционалды интеллект" туралы айтылады. Эмоционалды сала арқылы біз бала кезімізде "не жақсы, не жаман" екенін түсіне бастаймыз. Бүгінгі компьютерлерде эмоциялар бар деп айтуға бола ма?

Келесі. Адамның іс-әрекеті мақсатымен тығыз байланысты, ал қазіргі компьютерлерде орындалатын іс-әрекеттің мақсатын түсіну, ойлау жетіспейтіндей болмайды. Дегенмен, Компьютерлер тіпті "терең оқытуға" (терең оқыту) қабілетті деп айтылады. Мұнда белгілі дедукция мен индукцияға қарсы антитезаны еске түсіру орынды. Осы бап үшін шегерім ЖИ-ді жеке жағдайларда шешімдер әзірлейтін детерминистік пайымдаулар (зандар) түріндегі білім жиынтығымен қаруландыруды білдіреді.

Дедукцияға қарама-қарсы" Машиналық оқыту " көптеген жеке жағдайларда тәуелділікті анықтау арқылы ЖИ-ны жалпыланған заңдылықтарға әкеледі. Авторлар оқу процесінде студенттерге құбылыстар арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды көрсету маңызды деп санайды. "Машиналық оқыту" деп аталатын, негізінен индукция бола отырып, себеп-салдарлық емес, статистикалық байланыстар орнатуға бейім. Жасанды интеллекттің нақты мүмкіндіктері туралы бұл пайымдаулар болашақ инженерлердің қазіргі кезеңдегі оқу мазмұнын анықтауда өте маңызды.

Нәтижесінде, есептеу техникасының техникалық базасын дамытудың қазіргі деңгейі интеллект құруға іргелі кедергі болып табылады деп айтуға болады, өйткені қазіргі деңгейде жасанды акпарат құралдарында психикалық процестерді қайталау мүмкін емес. Бүгінгі және орта мерзімді перспективада

нақты әрекет деп аталатын" әлсіз " (тар) жасанды интеллект. Бұл алдағы 50-75 жыл ішінде инженерлерді "әлсіз" жасанды интеллектті қолдануға дайындауға арналған әлеуметтік тапсырысты болжауға мүмкіндік береді.

Осылайша, бүгінгі күні және 75 жасқа дейінгі перспективада нақты қолданыстағы деп аталатын" әлсіз " ЖИ, ол жоғары мамандандырылған мәселелерді шешуге арналған. Жоғары техникалық білім "әлсіз" жасанды интеллектті қолдануға дайындықты қарастыруы керек, оның міндеті табиғат заңдылықтарын білетін адам жүзеге асыратын мақсатты әрекеттерді заманауи есептеу жүйелерінің көмегімен қайта құру болып табылады.

Жасанды интеллект инженерлерін оқытудың мақсаты мен мазмұны туралы

Белгілі бір тапсырмалар класын шешу үшін қажетті белгілі заңдарды ЖИ-ге есептер шығарылғанға дейін салуға болады (шегерім) және оны оқу процесінде қолдануға болады. Инженерлерді оқыту кезінде студенттерге құбылыстар арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды көрсету өте маңызды. Мұндай байланыстар табиғат заңдарымен анықталады, оларды кездейсоқ байланыстар сияқты ықтималдық тәсілмен анықтау мүмкін емес. Сондықтан" Машиналық оқыту "деп аталатын инженерлік білім беруде қолдану екіталай, мұнда дәстүрлі және негізделген дедуктивті тәсіл қолданылады, онда студент баяндалған білімді практикумда немесе жобалық оқытуда қолданар алдында дәрістің теориялық мазмұнын" оқиды"..

РУТ(МИИТ) әзірлеген ЖИ көмегімен көлік инфрақұрылымы құрылыстарын жобалау әдістемесі Президенттің жарлықтары мен бағдарламаларында қойылған көптеген міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Мәселен, мысалы, төменде көрсетілгендей, бұл тәуекелдер мен қолайсыз оқиғаларды болжауға ғана емес, сонымен қатар жобалық параметрлерді басқару әдістерімен олардың алдын алуға мүмкіндік береді. Бұл ретте тәжірибе негізінде қабылданған шешімнің нормативтік құжаттары бойынша тексеру қолданылмайды, атап айтқанда нормаларға сәйкес келетін және белгілі бір мағынада қолайсыз оқиғалардың алдын алатын мінез-құлықтың берілген параметрлері бар шешімді синтездеу [11].

Бұл тәжірибенің болмауы әсіресе студенттерге тән. Осылайша, ЖИ негізіндегі шешімдерді қолдау жүйесі сұранысқа ие. Схемалық түрде шешім қабылдауды қолдау жүйесі 1-суретте көрсетілген. Мұнда дизайн процесі $u(x)$ басқару функциялары арқылы кеңістікте өзгертін $O(X)$ Жобалау параметрлерінің бастапқы мақсатынан басталады. Бастапқыда бұл функциялар ерікті (бірақ технологиялық тұрғыдан шектеулі) және тұрақты болуы мүмкін. Уақыт бойынша жүйенің математикалық мінез-құлық моделін қолдану $Z(x,t)$ жүйенің мінез-құлық сипатталатын күй кеңістігіне ауысады. Содан кейін D критерийлерін қолдана отырып, бағалау кеңістігіндегі жүйенің шешімі мен мінез-құлықның сапасы бағаланады [12]. Сапаны одан әрі жақсарту мүмкіндігі болған жағдайда және/немесе жүйенің мінез-құлықна алдын ала белгіленген шектеулер және/немесе жобалау параметрлеріне технологиялық шектеулер бұзылған жағдайда $u(x)$ басқару функцияларын түзету және рәсімді қайталау жүргізіледі. Оңтайлы жүйені синтездеу процесі итеративті болғандықтан, студенттер нормалар мен оңтайлылыққа сәйкес келетін жобалық шешімдерді түрлендіру процесін көрсетеді.

1. Педагогика: Учеб. пособие для студентов педагогических учебных заведений /В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, А.И. Мищенко, Е.Н. Шиянов. М. : Школа-Пресс, 1997. 512 с. ISBN: 5-88527-171-2
2. McCarthy J. Programs with common sense // Minsky M. Semantic Information Process- ing. Cambridge, MA: The MIT Press, 1968. P. 403–418. URL: <https://www.cs.cornell.edu/~selman/cs672/readings/mccarthy-upd.pdf> (дата обращения: 21.06.2022).
3. McCarthy J. What is artificial intelligence? Stanford University, 2004. URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/> (дата обращения: 21.06.2022).
4. Webster's new world thesaurus / Laird C.G. The new American library. Inc., 1971. 78 p. ISBN: 978-0446360272
5. Poliakov V. The artificial intelligence and optimization of multibody dynamical system with predicted dynamic behavior // Proceedings of the 24th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, Chania, Crete Island, Greece, July 19–22, 2020. DOI: 10.46300/9106.2020.14.124
6. Вербицкий А.А. Теория и технологии кон- текстного образования. М. : МПГУ, 2017. 340 с. ISBN: 978-5-4263-0384-3
7. Бруссард М. Искусственный интеллект: Пределы возможного. Пер. с англ. М. : Альпина, 2020. 362 с. ISBN: 978-5-00139-080-0
8. Dreyfus H. What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason. MIT Press, 1992. 408 p. ISBN: 9780262540674
9. Ракитов А.И. Высшее образование и искус- ственный интеллект: эйфория и алармизм
10. // Высшее образование в России. 2018. Т. 27.
11. https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1392?locale=ru_RU (дата обращения: 21.06.2022).
12. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press, 2014. 328 p. ISBN: 9780199678112

ӘОЖ 629.113

Қыдырмолдаев Ә.Б. (22- МТТ-2т, ШҚТУ), Муздыбаева А.С. (к.т.н., ШҚТУ)

КӨЛІК ТЕХНИКАСЫН ЖАРЫҚТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЖҰМЫСҚА ҚАБІЛЕТТІЛІГІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ТӘСІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ

***Андатпа.** Автокөлікті жарықтандыру және жарықтандыру дабылы жүйесі-бұл көлік құралындағы техникалық құралдар жиынтығы. Автокөлікті жарықтандыру жүйесінің мақсаты-жолдың, жол жиектерінің, оларда орналасқан объектілердің көрінуіне (түнде, тұман кезінде) қолайлы жағдайларды қамтамасыз ету. Бұл жүргізушілер мен жаяу жүргіншілер үшін маңызды қауіпсіздік элементі.*

***Түйін сөздер:** Ксенон шамдары, галогендік шамдар, AFS VarioX технологиясы, артқы жарықтандырудың конструкциясы.*

Көптеген елдерде күндізгі уақытта (Ресей, Скандинавия, Балтық жағалауы елдері, Италия, Польша, Исландия, Болгария, Хорватия, Венгрия, Швейцария, Босния және Герцеговина, Черногория, Чехия, Сербия және тағы басқалар) жақын жарық фараларын қолдану міндетті болып табылады.

Сондай-ақ, белгілі бір жағдайларда жақын жарықты пайдалану міндетті болып табылатын елдер бар. Мысалы, Румынияда мұндай міндет елді мекендерден тыс көлік иелері үшін, Беларусьда – тіркемені сүйреу кезінде және мотоциклдер үшін, Украинада көлік жүргізушілері 1 қазаннан 1 мамырға дейін күндізгі уақытта қысқа жарықты қолдануға міндетті.

Автокөлікті жарықтандыру аспаптары қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, оның негізінде автомобильдердің, жаяу жүргіншілердің көлік маневрлерінде жасалатын қозғалыс сипаты (жылдамдығы, бағыты), әртүрлі көлік құралдары арасындағы қашықтық туралы мәліметтер береді.

Жарықтандыру құрылғылары жолда қауіп көзі болып табылатын тежеу немесе бұзылу туралы жылдам ескертуге көмектеседі.

Жүйенің жеке элементтері интерьерге, багаж бөліміне және қозғалтқыш бөліміне арналған жарық көздері болып табылады.

Жарықтандыру жабдығы көліктің алдыңғы, артқы және бүйірлеріне орнатылған. Жарықтандыру құрылғылары көлік құралының корпусының біркелкі немесе шығыңқы элементтері болуы мүмкін.

Автомобильді жарықтандыру технологиясының негізі - түсті мнемоникалық: ақ, көк, сары, қызыл түстер қолданылады. Бұл жағдайда келесі ерекшеліктер маңызды:

- Көліктің алдыңғы жағына тек ақ, қызғылт сары және сары түстерді жасайтын құрылғыларды орнатуға болады.

- Артқы жағында тек қызыл, қызғылт сары және сары түсті.

- Кері бағдаршамдар мен кері шамдар тек ақ түсті болуы мүмкін.

Жолаушылар вагонының тіркемелері үшін дәстүрлі жарықтандыру жабдығы ақ бүйірлік шамдар болып табылады.

Бірақ көліктің жарықтандыру жүйесінен шығатын көк түс – бұзушылық. Иә, бір қарағанда, мұндай жарық бірден ағыннан ерекшеленуге мүмкіндік

береді және спектрдің күндізгі жарыққа жақын болуына байланысты көздер аз шаршайды. Бірақ мұндай жайлылық құрғақ ауа-райында ғана қамтамасыз етіледі. Жаңбырда немесе қарда шағылысулар басталады, сонымен қатар объектілердің жарықтандыруы ақ спектрдің жарық ағынымен салыстырғанда айтарлықтай төмендейді. Көптеген елдерде, соның ішінде Ресей мен Беларусьте соңғы жылдары көгілдір фараларды пайдаланғаны үшін айыппұл салынды.

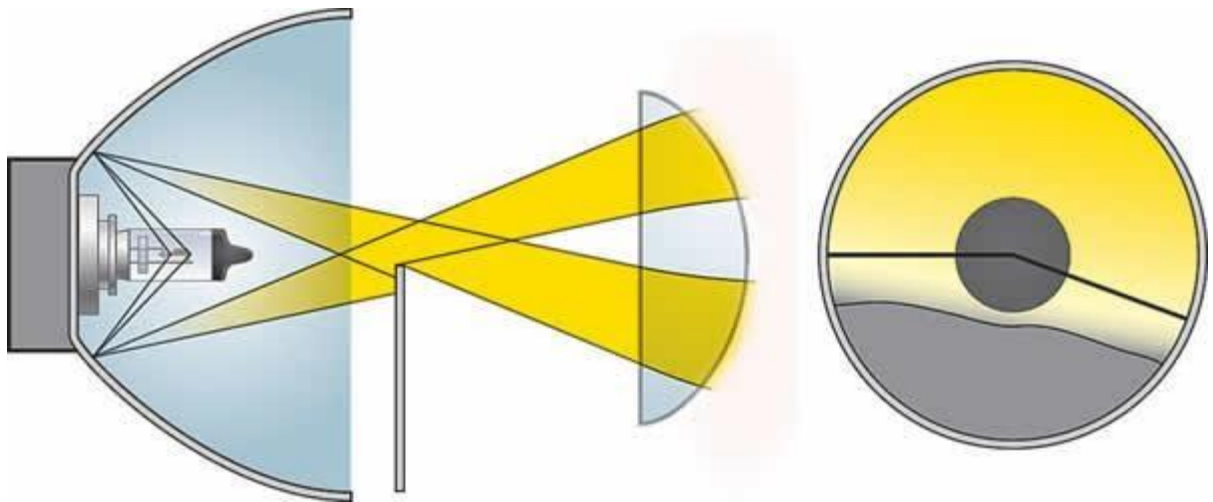
Дұрыс таңдалған және пайдаланылған автомобиль жарықтандыруы, әсіресе жаяу жүргіншілердің қатысуымен болатын жазатайым оқиғалардың санын азайтады.

Сыртқы жарықтандыру элементтері

Көлік құралының жарықтандыру және жарық сигнал беру жүйесі – көлік құралындағы техникалық құралдар кешені. Сыртқы жарықтандыру құрылғыларына фаралар, тұманға қарсы шамдар, бұрылыс сигналдары, артқы блок шамдары және нөмірлік шамдар жатады.

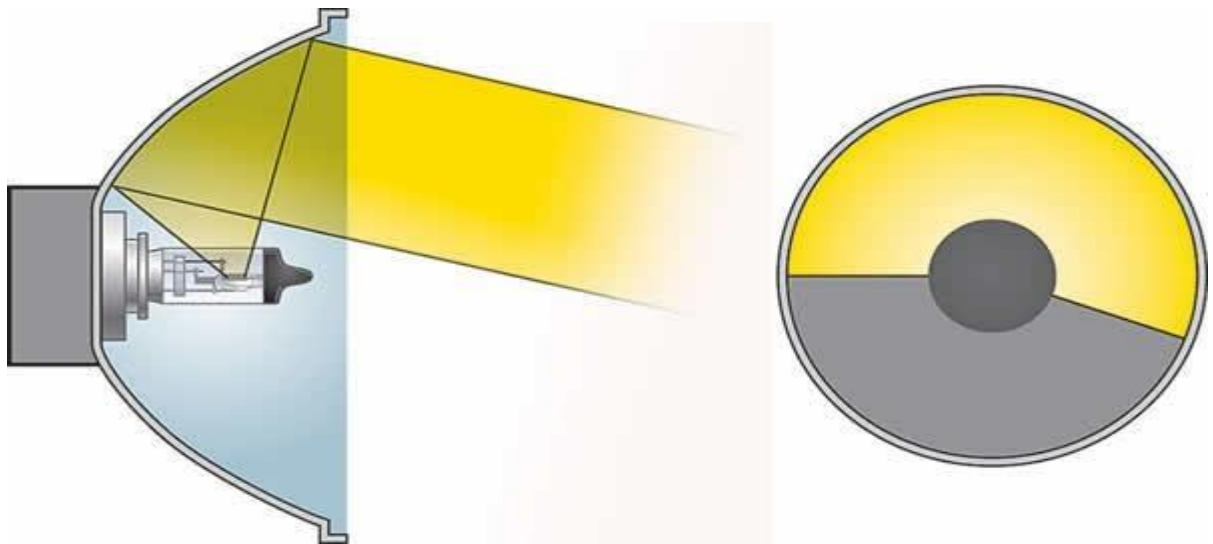
Көліктің сыртқы жарықтандыруы келесі элементтермен ұсынылған:

Фаралар. Олар автокөліктің алдындағы жолды (жақсы ауа-райында - 50-60 метр), жол жиектерін жарықтандыруды қамтамасыз етеді және келе жатқан және келе жатқан көліктерге автокөліктің өлшемдері туралы ақпарат береді. Фаралар оң және сол жақта симметриялы түрде орнатылған. Ең көп таралған - шағылыстырғыштары бар фаралар. Мұндай фаралардың міндетті элементі айна тәрізді ойыс беті болып табылады. Ол қалаған пішіндегі жарық сәулесін құрайды. Жарық көздері автомобиль шамдары болып табылады.



1-ші сурет: сәулелердің негізгі бөлігі экранның үстінен өтеді.

Бірақ сәулелер рефлектордың екінші фокусында жиналып, экран арқылы «кесілген» алдыңғы проектордың фаралары барған сайын азырақ таралуда.



2-ші сурет: сәулелер рефлектордың екінші фокусында жиналады.

Конвергентті линзасы бар фаралар көптеген автокөлік жүргізушілері үшін тамаша көмек болып табылады. Олар жарықтың тамаша таралуын қамтамасыз етеді және жол бетіне жарықтың көп мөлшерін анық жеткізеді. Жүргізушінің алдынан соқыр лампаның пайда болуы мәселесі жойылды.

Кейде конвергациялық линзалары бар шешімдер рефлекторлары бар ерітінділерге қарама-қайшы болады. Бұл мүлдем дұрыс емес. Егер дизайнға қатаң түрде қарайтын болсақ, онда жай рефлекторлармен шешімдер бар және рефлекторлар мен линзалар бар шешімдер бар.

Автомобиль фараларының конструкциясы және жұмыс принципі:

Фара құрылғысы екі фара, төрт фара болуы мүмкін және бір уақытта дөңгелек және тікбұрышты оптикалық элементтерге негізделген.

Жүйе әртүрлі типтегі шамдарды қамтуы мүмкін:

Қыздыру шамдары. Шыны шамның ішінде вольфрам спиралы бар. Ең арзан нұсқа. Сонымен қатар, жарық шығару шамдардың басқа түрлерінен төмен; кемшіліктер арасында жоғары сынғыштық пен қызмет ету мерзімі бар - шамамен 400 сағат.

Галогендік шамдар. Ыстыққа төзімді кварц шынысынан жасалған колбада газдардың йод пен броммен қоспасы бар. Артықшылықтары жоғары беріктік пен 1200 сағатқа жуық қызмет ету мерзімін қамтиды.

Ксенон шамдары. Қызмет мерзімі – 2000 сағат немесе одан да көп. Тамаша жарық шығару. Төмен энергия тұтыну.

Жарықдиодты автомобиль шамдары 30 000 мың сағат жұмыс істей алады. Қосылған кезде олар бірден толық жарықтықта жанады. Жарық ағынының біркелкі таралуын қамтамасыз ету.

Артқы жарықтандырудың конструкциясы және жұмыс принципі

Артқы жарықтандыру, блок, артқы жарық модулі бір корпуста біріктірілген:

Артқы маркер шамдары. Бүйірлеріне бір сызықта орнатылған, фаралар жинағы кіреді. Коммерциялық көліктерде (жүк көліктерінде, автобустарда) бүйірлік шамдар төменгі және жоғарғы бөліктерге, жолаушылар вагондарына тек төменгі жағына орнатылады.

- Бұрылыс сигналдары.
- Тоқтату шамдары.
- Кері сигналдар.
- Тұманға қарсы шамдар.

Алдыңғы жарықтандыру жағдайында сияқты, жарық элементтері қыздыру, галоген, ксенон және жарықдиодты модельдермен ұсынылуы мүмкін. Жарықтандыру жүйесінің ішкі элементтері.

Көлік ішіндегі жарықтандыруды қамтамасыз ету үшін келесілер көмектеседі:

- автомобиль салонындағы, жүксалғыштағы және қолғап қорапшасындағы шамдар (қолғап қорабы),
- магистральдық жарықтандыру,
- бақылау тақтасының жарықтандыруы,
- есіктердегі бүйірлік шамдар.

Жүргізушінің жайлылығы және қараңғыда көлік жүргізу кезінде ақпаратты оқу жылдамдығы жарықтандыру жүйесінің ішкі элементтеріне байланысты.

Жарықтандыру жүйесі қалай басқарылады?

Бақылау автомобиль салонынан жүзеге асырылады. Ол үшін арнайы қосқыштар қолданылады:

- Құралдар тақтасындағы перне және руль бағанының қосқышы жақын және ұзақ сәулелерді және бүйірлік шамдарды қосуға көмектеседі.
- Көптеген автомобиль үлгілеріндегі шағын және ұзақ сәулелерді, тұманға қарсы шамдарды және өлшемдерді қосу руль бағанының қосқышы арқылы жүзеге асырылады.
- Руль дөңгелегі астындағы сол жақтағы қосқыш фаралар қосулы кезде қысқа және ұзақ сәулелер арасында жылдам ауысуға көмектеседі.
- Тұманға қарсы шамдар аспаптар панеліндегі түйме арқылы немесе қосымша бөлім арқылы қосылады.
- Автоматты жарықтандыруды басқару жүйелері барған сайын танымал болып келеді.

Жарықтандыруды автоматты басқару жүйелері

Заманауи жарықтандыру жүйелері шағын және ұзақ сәулелерді қосу, фараларды реттеу және т.б. процестерін автоматтандырады.

Арнайы сенсорлар автоматты басқару кезінде жол жағдайын және көлік қозғалысының үлгілерін бақылауға көмектеседі. Жүйе олардан белгілі бір сигналдар үшін әрекеттер алгоритмін қолдайды.

Көшеде тұманға байланысты жарық жеткіліксіз, көлік туннельге кіреді - фаралар жанады және т.б.

Көлік құралдарына белсенді түрде енгізіліп жатқан жаңалықтардың бірі - динамикалық адаптивті фаралар жүйесі (AFS). Оның көмегімен төмен сәуледегі

қатаң шектеулер жойылады. Жүйенің арқасында көлік жүргізушісі қараңғыда және қолайсыз ауа райында жолды жақсырақ басқара алады. Жарықтандыру руль дөңгелегі жылдамдығы мен айналу бұрышына қарай реттеледі.

AFS VarioX технологиясына негізделген. Шешімді жүзеге асыру үшін жарықтандыру жүйесі жарық көзі мен линза арасындағы проекциялық роликпен жабдықталған. Роликтің әртүрлі контурлары бар және өзінің бойлық осінің айналасында айналады. Қадамдық қозғалтқыштың арқасында ролик жағдайға тез бейімделіп, миллисекундтарда қажетті орынға айнала алады.

VarioX технологиясын пайдалана отырып, жарық таратудың алуан түрлі нұсқаларын орнатуға болады: ыңғайлы қала жарығын, тас жол жарығын немесе бұлтты ауа райы үшін жарықты қамтамасыз етіңіз.

Автоматты фараларды теңестіру жүйелері де жүргізушілерді тартады. Динамикалық фаралар диапазонын басқаратын жүйелер әсіресе сұранысқа ие. Олар тежеу немесе жеделдетуден кейін фара қисаюының өзгеруіне бейімделеді.

Реттелетін фаралары бар ең қолайлы жүйелердің кейбірі ISM технологиясын қолдайтын шешімдер болып табылады (қуатты электронды құрылғылар мен биполярлы қадамдық қозғалтқыш мехатрондық модульде біріктірілген. Бұл жағдайда микроқадамдық жүйені басқару режимі қол жетімді. Басқару мүмкіндігінше басқарылатын болады.

Қорыта келсек көлік құралдарын пайдалану кезінде жарықтандыру құрылғыларының техникалық көрсеткіштері нашарлайды. Бұл діріл әсерінен фараларды реттеудің бұзылуына, суспензияның қаттылығының өзгеруіне, рефлекторлар мен диффузорлардың жұмыс беттерінің ластануынан туындаған аспаптардың жарық сипаттамаларының нашарлауына, диффузор беттерінің абразивті тозуына, контактілер эрозиясынан туындаған тізбектегі кернеудің төмендеуіне байланысты жарық көздерінің жарық ағынының төмендеуіне байланысты. Жарық аспаптарының көрсеткіштерінің нашарлауы жол-көлік оқиғаларының ұлғаюына әкеледі. Сондықтан да жылына 1 рет техникалық байқаудан өтіп тұру керек.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Тұрысбеков Б., Белгібеков Е., «Автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және оларды жөндеу», оқулық, - Алматы : «Бастау» баспасы, - 2013 ж, 360 бет
2. Жүнісбеков П. «Автомобильдің құрылысы және пайдалануы», оқулық, Астана: «Фолиант» баспасы, - 2013 ж, 300бет
3. Алиев Б. «Автомобильдер мен қозғалтқыштар теориясы», Оқу құралы, - Астана: «Фолиант» баспасы, - 2010 ж, 212 бет
4. Тұрысбеков Б.Т., Тұрысбеков С.Б., «Автомобильдердің электр жабдықтары және электроникасы»
5. Алиев Б., Рысбеков А.С., «Автомобильдің динамикалық есебің жүргізу», Методикалық әдістеме. – Алматы 2005 ж.

УДК 669.2/.8:004 (574)

Липский Д.Д. (ВКТУ), Генцельман Э.В. (ВКТУ), Ерболатова Г.У. (PhD, ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА В АНАЛИЗЕ ЗОЛОТА ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

***Аннотация.** В данной статье исследуется возможность применения новейших технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессе анализа золота методом рентгенофлуоресцентного анализа (далее РФА). Для исследования проводились эксперименты с применением ИИ для проведения анализа золотосодержащих проб. По полученным данным можем сделать вывод, о перспективности применения технологии ИИ для будущего РФА. Данная статья состоит из: введения, описания принципов работы метода РФА, описания особенностей применения метода РФА для анализа золота, описания возможностей ИИ в области использования метода РФА, а также описании экспериментального применения ИИ для анализа золота методом РФА.*

***Ключевые слова:** Рентгенофлуоресцентный анализ, РФА, ИИ, золото, машинное обучение, спектрометрия, искусственный интеллект.*

Введение.

Золото является неотъемлемой частью нашего мира. Из золота создаются украшения, помогающие культурно развивать нацию. Золото применяется при производстве различной техники, золото применяется в стоматологии и космической промышленности. Всё это благодаря физико-химическим свойствам золота, его проводимости и коррозостойкости.

Именно благодаря своему всестороннему использованию и редкости золото является достаточно дорогим металлом, как принято говорить «благородным». Однако его высокая стоимость обусловлена ещё и сложностью его добычи. При добыче золота происходит множество процессов, требующих либо высококвалифицированных и высокооплачиваемых кадров, либо же большого количества расходных материалов.

По вышеуказанным причинам основной целью разработок в сфере золотодобычи является уменьшение себестоимости добычи золота. Одним из путей уменьшения стоимости добычи золота является уменьшение стоимости и времени производства анализа руды и продуктов, получаемых во время её переработки. Наиболее эффективным методом уменьшения затрат при анализе является внедрение экспрессных методов анализа, не требующих большого количества дорогостоящих расходных материалов. Один из таких методов анализа, а именно рентгенофлуоресцентном анализе (далее РФА), рассмотрен в данной статье.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения новейших достижений в области ИИ в процесс анализа не только золота, но и прочих элементов методом РФА.

Цель исследования – формирование возможности для добавления технологий ИИ в различные методы анализа, такие как РФА, атомно-абсорбционный анализ и т.д.

Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализ (ЭДРФА) – относится к методам, использующим рентгеновскую флуоресценцию, является экспрессным и неразрушающим методом анализа методом анализа. Данный метод широко применяется в областях материаловедения, геологии, археологии, в процессах контроля технологических процессов перерабатывающих предприятий и контроле качества продукции [1].

Принцип работы метода РФА

Метод РФА использует фотоны вторичного рентгеновского излучения пробы, получаемые при возбуждении атомов пробы путём их облучения пучком рентгеновского излучения. Данное вторичное рентгеновское излучение, называемое характеристическим, регистрируется SDD детектором, который считывает энергию полученного кванта излучения. По величине данной энергии идентифицируются элементы, а по количеству квантов излучения с данной энергией происходит количественный анализ данного элемента в пробе.

Методы РФА

Существует множество методов определения концентрации элемента в пробе. Наиболее распространенные из них:

1. **Метод прямого сравнения** – основан на сравнении спектра пробы с известным содержанием, со спектром анализируемой пробы. Точность данного метода сильно зависит от схожести матричного состава проб, а также близости концентраций элемента/элементов в известной и искомой пробах;

2. **Метод фундаментальных параметров (МФП)** – данный метод использует геометрические и физические параметры анализа, а также данные о составе пробы, полученные от спектра данной пробы, для определения концентрации искомого элемента/элементов без использования стандартов;

3. **Метод внутреннего стандарта** — добавление известного количества стандартного элемента/элементов в образец для коррекции различий в матрице и условиях анализа;

4. **Метод регрессии** – данный метод использует спектры образцы сравнения (ОС) с известным содержанием искомого элемента/элементов, для построения градуировочного уравнения, которое будет использоваться для расчёта концентрации искомого элемента/элементов [2].

У метода РФА имеются следующие мешающие при проведении анализа факторы:

1. **Матричный состав пробы** – точность многих методов РФА зависит от схожести матричных составов ОС и анализируемых проб. Чем больше расхождения в матричном составе – тем выше погрешность измерений для некоторых методов.

2. **Перекрытие линий** – некоторые элементы (например Au и Zn) имеют близкую друг к другу энергию характеристического излучения, из-за чего могут происходить наложения пика одного элемента, на пик второго. Это может повлиять на возможность и точность определения низких концентраций при некоторых сочетаниях элементов.

3. **Качество подготовки образца для анализа** – наличие внешних дефектов, неровностей и неравномерного распределения элемента/элементов в анализируемой пробе может негативно сказаться на точности анализа.

Определение золота методом РФА.

В настоящее время метод РФА используется для проведения технологического контроля за процессами добычи и переработки золота, для контроля качества и определения типа справа в ювелирной отрасли, для технологического контроля процесса добычи золота методом подземного скважинного выщелачивания [3]. Однако для определения золота методом РФА есть следующий перечень трудностей:

1. Неравномерность распределения золота в анализируемой пробе;
2. Низкая концентрация золота в пробе;
3. Затруднённость подготовки пробы к анализу. Из-за высокой пластичности золота осложняется процесс измельчения пробы;
4. Наложение пиков. Энергия аналитических линии золота близка к энергиям аналитических линий цинка или мышьяка. Наличие большого количества данных элементов в пробе осложняет процесс анализа[4].

Результаты и обсуждения.

Использование современных достижений в области ИИ для проведения анализа золота методом РФА.

Искусственный интеллект (или же нейронная сеть) обладают широким спектром возможностей для упрощения процесса анализа и настройки, для увеличения скорости проведения и увеличения точности анализа. Благодаря ИИ можно решить или упростить следующие процессы проведения анализа методом РФА:

1. **Автоматическое определение качественного состава пробы** – ИИ может автоматизировать процесс определения состава пробы, нивелируя человеческий фактор. Благодаря своим вычислительным мощностям и скорости анализа данных ИИ сможет определять редкие и сложные в распознавании паттерны, которые могут быть не замечены при традиционных подходах к анализу.
2. **Коррекция матричных эффектов** – ИИ способен корректировать эффекты расхождения матриц различных проб, на основе анализа взаимосвязей всех элементов в пробах.
3. **Оптимизация обработки данных** – методы машинного обучения позволят ИИ улучшать показатели точности анализа путём обработки результатов, полученных при проведении дальнейшего анализа [5, 6].

Применение ИИ в анализе золота методом РФА.

Для обучения использовался метод обучения «Supervised Learning» или же «Обучение с учителем». ИИ был предоставлен массив спектров с известными концентрациями золота. Массив состоял из спектров 250 золотосодержащих проб. Данный массив был разбит на 2 части: 225 спектров – тренировочный массив для обучения искусственного интеллекта; 25 спектров – тестовый массив, для проверки прогресса обучения ИИ.

На основе взаимосвязей между данными о концентрации золота и

интенсивности его пика в данной пробе, ИИ составлял зависимость, по которой рассчитывал значения золота в проверочных спектрах. Проверочными являлись 25 спектров из обучающего массива (контрольный массив А) и 25 спектров тестового массива (контрольный массив В), не используемого для обучения для сравнения данных.

Результаты обучения ИИ представлены на рисунках 1-3.

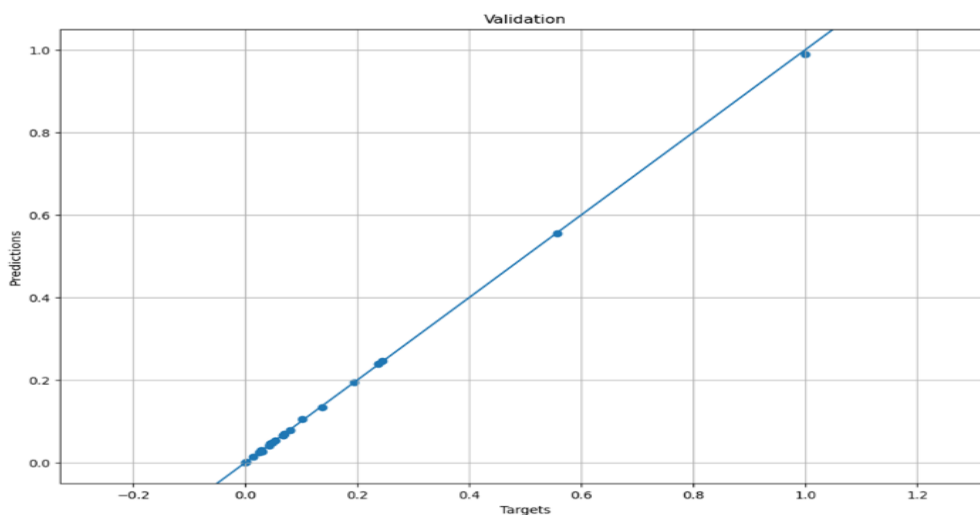


Рисунок 1 – результаты определения концентраций Au в тестовом массиве А.

Ось у – концентрации Au определённые ИИ после 10000 циклов обучения.

Ось х – известные значения концентраций Au.

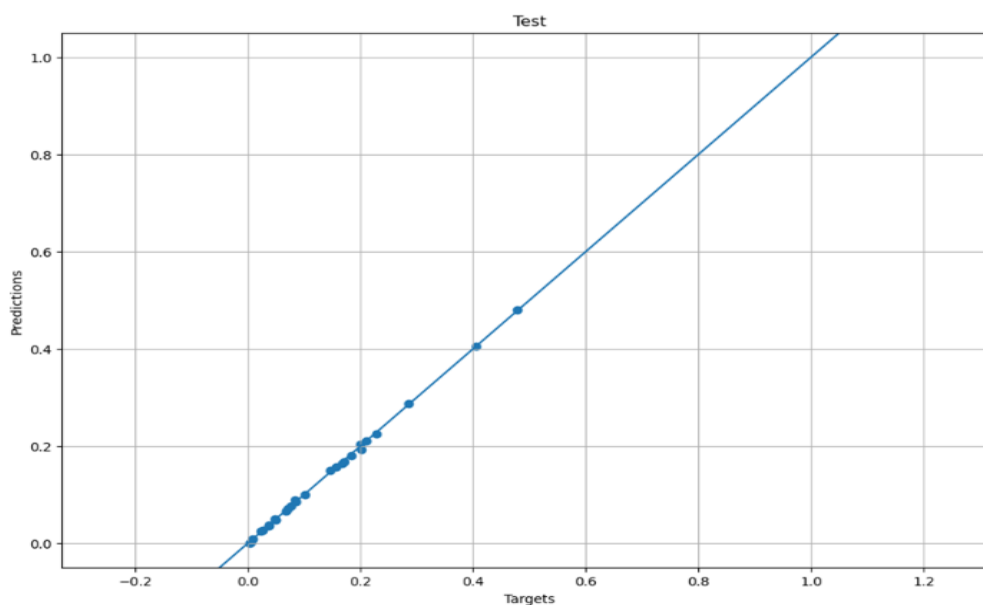


Рисунок 2 – результаты определения концентраций Au в тестовом массиве В.

Ось у – концентрации Au определённые ИИ после 10000 циклов обучения.

Ось х – известные значения концентраций Au

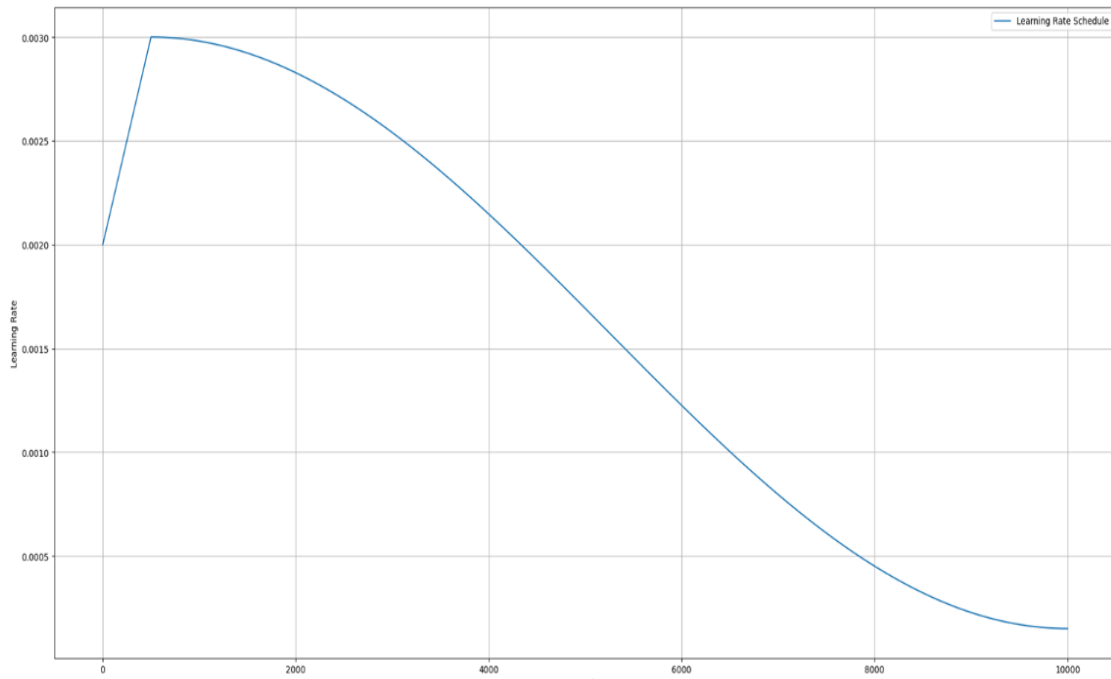


Рисунок 3 – График скорости обучения ИИ (ось y) в зависимости от поколения (ось x)

График оценки производительности модели предоставлен на рисунке4

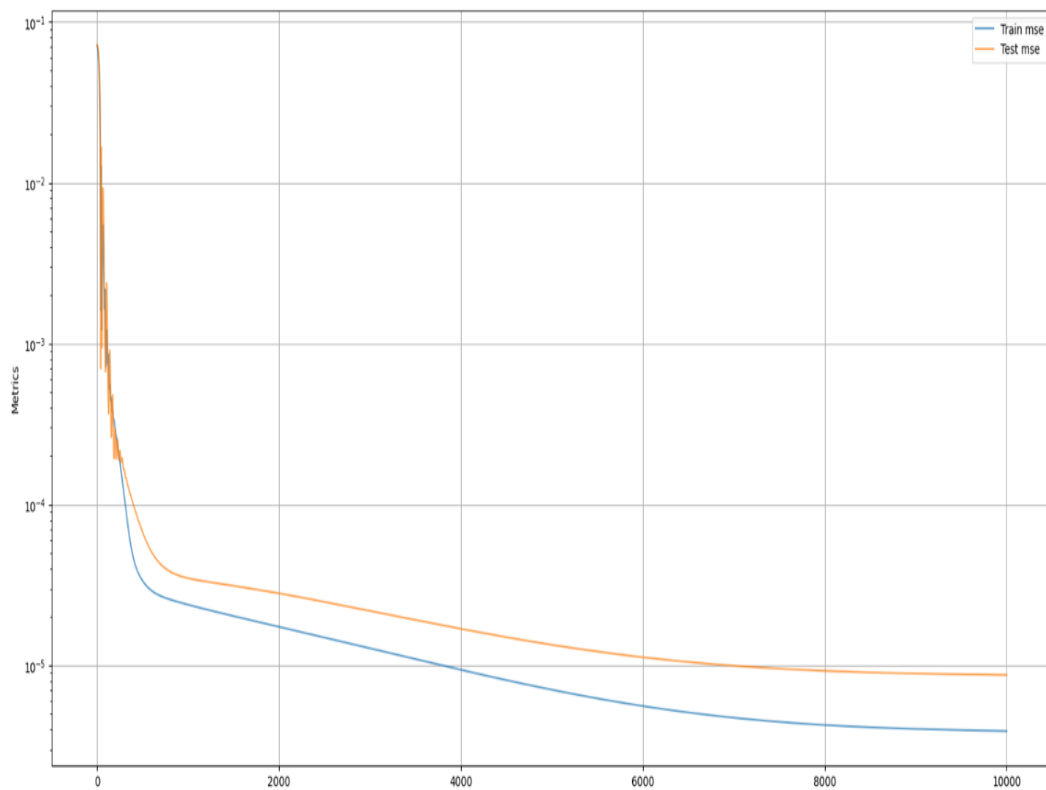


Рисунок 4 – график оценки производительности модели ИИ

Заключение.

Резюмируя всё вышесказанное можно сделать вывод о том, что использование ИИ в методе РФА может улучшить возможности определения не только золота, но и улучшить показатели точности и экспрессности метода для большинства элементов. Также ИИ может привнести в метод РФА следующие новшества и улучшения:

- Автоматизированный качественный анализ;
- Ускорение процесса анализа;
- Увеличение точности анализа;
- Минимизация ошибок, вызванных человеческим фактором;
- Возможность анализа элементов, чей анализ затруднён матричным составом пробы;
- Возможность появления новых методов анализа в РФА.

По итогам исследования возможности применения ИИ для анализа золота методом РФА можно сделать вывод о целесообразности дальнейших исследований в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Веригин А.А. Энергодисперсионный рентгеноспектральный анализ. Применение в промышленности. – Томск: Изд-во Том. Университета, 2005. 242 с;
2. Симаков, В. А. Рентгенофлуоресцентный анализ руд и продуктов их переработки (при разведке месторождений). – Москва, институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, 2000. 40 с.;
3. Кучное выщелачивание // <https://vsap.ru/kuchnoe-vyshhelachivanie/>;
4. A bench-top K X-ray fluorescence system for quantitative measurement of gold nanoparticles for biological sample diagnostics by K. Ricketts et al., 2016
5. Machine learning for spectroscopic data analysis: challenges of limited labelled data by M Dirks, 2023;
6. A systematic review on the application of machine learning in exploiting mineralogical data in mining and mineral industry by M Jooshaki et al., 2021

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРОВОЛКИ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы эффективности изменения скорости и его влияние на толщину, шероховатость, твердость нанесенного покрытия. Представлены результаты исследования с изменением рабочей скорости напыления. Проведено сравнение результатов по полученным данным и анализ наиболее оптимального режима напыления. Исследование показало, что скорость напыления влияет на качество покрытия.*

***Ключевые слова:** напыление, покрытие, металлизация, сталь, скорость, ЭДМ.*

Введение

Одна из главных проблем в судостроении, машиностроении и во время эксплуатации сельскохозяйственной техники - это изнашивание поверхности деталей в результате внешних агрессивных факторов. Для улучшения эксплуатационных свойств используются технологии газотермического напыления. Среди используемых технологий, технологически метод дуговой металлизации считается наиболее простым и дешевым для получения покрытий [1]. Электродуговая металлизация (ЭДМ), это метод модификации свойств поверхности изделия путём нанесения на его поверхность слоя металла (металлического покрытия) [2]. С применением ЭДМ можно упрочнять и восстанавливать детали машин широкой номенклатуры в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. При дуговом напылении дуга образуется между двумя проволоками. Расплавленные концы проволок разгоняются и ускоряются потоком газа (воздуха или инертного газа). Покрытия, полученные ЭДМ, обычно плотнее и прочнее, чем аналогичные покрытия, полученные напылением при горении. Низкие эксплуатационные расходы, высокая скорость напыления и эффективность делают этот процесс оптимальным для напыления на больших площадях [3,4]. Однако, для получения покрытий с необходимыми характеристиками необходимо определить оптимальные параметры напыления. Одним из основных варьируемых параметров при ЭДМ можно выделить скорость подачи проволоки [5,6]. При слишком высокой скорости подачи проволока не будет полностью расплавлена, и капли будут рассеиваться; иногда это может даже повредить сопло. При слишком медленной скорости поток частиц будет отклоняться в сторону подачи [7]. Поэтому целью данной работы является определение оптимальной скорости подачи проволоки, и его влияние на морфологию, толщину и микротвердость покрытий 30ХГСА полученных методом сверхзвуковой электродуговой металлизации.

2. Материалы и методы исследования

В качестве подложки была использована рессорно-пружинная сталь 65Г. Данная сталь отличается хорошей твердостью, высокой упругостью и

износостойкостью. В промышленности используется в деталях, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости, работающих без ударных нагрузок. Химический состав стали 65Г показан в таблице 1.

Таблица 1. - Химический состав сталь 65Г

Железо	Углерод	Марганец	Кремний	Никель	Хром	Медь	Сера	Фосфор
около 97%	0,65-0,7%	0,9-1,2	0,17-0,37%	до 0,25%	до 0,25%	до 0,2%	не более 0,035%	не более 0,035%

В качестве материала покрытия использовалась проволока из среднелегированной высокоуглеродистой конструкционной стали 30ХГСА. Благодаря высокому содержанию углерода, сталь 30ХГСА отличается прочностью и устойчивостью к физическим воздействиям, чем обусловлено ее широкое применение в строительстве. Химический состав стали 30ХГСА показан в таблице 2.

Таблица 2. – Химический состав сталь 30ХГСА

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Хром	Сера, фосфор	Медь
0,28-0,34%	0,9-1,2%	0,8-1,1%	до 0,03%	0,8-1,1%	до 0,025%	не больше 0,3%

Напыление покрытий производилось на оборудовании для сверхзвукового дугового напыления SX-600 на базе научно-производственной компаний "PlasmaScience". Оборудование имеет высокую эффективность распыления и высокую мощность; Оно широко применяется при распылении противоизносных и антикоррозионных покрытий для четырех видов труб котла, системы измельчения угля (крыльчатка вентилятора и спиральный корпус), ролика, сушилки, оси, формы, всех видов заготовок и так далее. У него есть запатентованная токопроводящая насадка, которая не изнашивается и значительно увеличивает срок службы изнашиваемых деталей. Это помогает снизить стоимость распыления и повысить эффективность работы и качество покрытия. Нанесение покрытия происходило по следующим заданным параметрам: Рабочее напряжение дуги, 3 В; Рабочее давление сжатого воздуха, 9Мпа; Дистанция распыления, 200мм; Основным параметр, который изменился, это рабочая скорость подачи проволоки (Таблица 3).

Таблица 3. Режимы сверхзвукового дугового напыления

№ образца	EDM1	EDM2	EDM3	EDM4
Скорость подачи проволоки, см/с	2	4	8	12

Анализ преобразования образца после нанесения покрытия произведен с помощью измерения твердости, шероховатости, толщины покрытия. Измерение толщины покрытия производилось на металлографическом инвертированном микроскопе «Альтами МЕТ 2С» - это высококачественное оборудование, предназначенное для изучения микроструктуры металлов и сплавов в светлопольном отраженном свете при прямом освещении. Измерение шероховатости профилометром модели 130 предназначенного для измерений параметров профиля и шероховатости по системе средней линии по ГОСТ 25142-82. Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей измеряемой поверхности щупом (алмазной иглой) в процессе перемещения индуктивного датчика вдоль измеряемой поверхности и последующего преобразования возникающих при этом механических колебаний щупа в цифровой сигнал.

Для измерения твердости покрытий использовался микротвердомер МЕТОЛАБ 502, предназначенный для измерения твердости различных образцов и изделий (сталей, чугуна, цветных металлов и мягких сплавов) по шкалам Виккерса (HV) и Кнупа (HK) в полном соответствии с ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007.

3. Экспериментальная часть

Из листа стали 65Г были заготовлены образцы размером 20*25мм. После чего производилась первичная шлифовка образца на крупнозернистой шлифовальной бумаге абразивом (P100, P120). Для улучшения адгезий произведена пескоструйная обработка.

После напыления для измерения толщины покрытия были подготовлены образцы поперечного сечения. Для этого образцы также вырезались и проходили первичную шлифовку. Достигнув первичного результата и убрав явно заметные дефекты, переходим на мелкозернистую бумагу (P240, P400, P600, P1000, P1500, P2000) и заканчиваем окончательную полировку до зеркальной поверхности на шлифовальной бумаге P2500. Полировка происходила с помощью пасты.

Изучение толщины покрытия проводили с помощью микроскопа при различных увеличениях. А точнее: 5-кратное увеличение; 10-кратное увеличение; 50-кратное увеличение. Толщина покрытия образцов составила: EDM1 – 76мкм; EDM2 – 211мкм; EDM3 – 464мкм; EDM4 -625мкм.

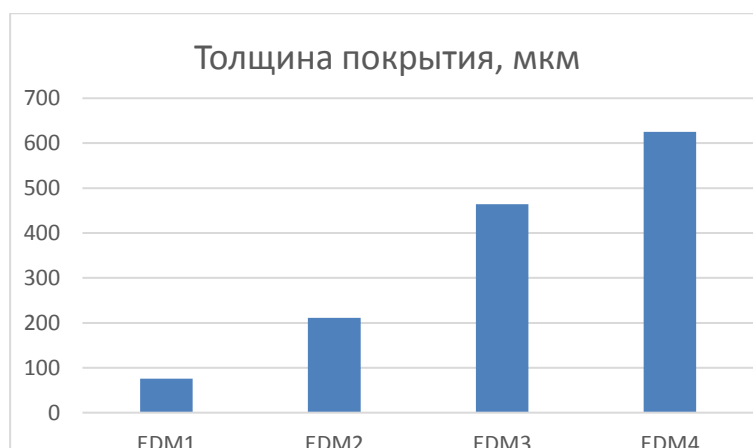


Рисунок 1 - Полученные значения толщины покрытия

Измерение микротвердости производили методом Виккерса с нагрузкой 0,1 кг и временем выдержки в 10 сек. Для уменьшения погрешности измерения поперечного разреза по глубине образца делалось 2 ряда дорожек и брался их среднее значение (Рис1).

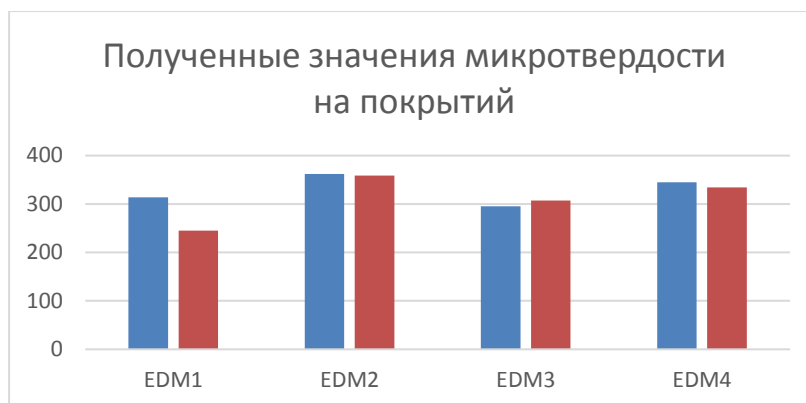


Рисунок 2 - Полученные значения микротвердости на покрытий

В результате средняя микротвердость покрытия сталью марки 30ХГСА составила 318 МПа.

Шероховатость поверхности определялась с помощью прибора профилометра 130. По данным, полученным с прибора составлена диаграмма изменения средне арифметического отклонения профиля R_a среднее арифметическое абсолютных значений отклонения профиля шероховатости основной длины (Рис3).

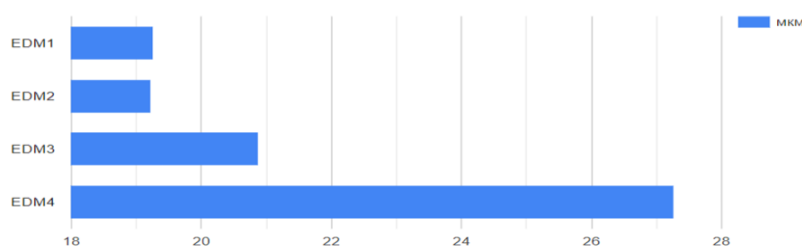


Рисунок 3 – Полученные значения шероховатости на покрытий

Вывод

Измерение твердости на микротвердомер МЕТОЛАБ 502 показала, что средняя толщина на образцах была соответственно: EDM1 – 279 HV; EDM2 – 360HV; EDM3 - 301HV; EDM4 -340HV.

Данные среднего значения шероховатости полученные на профилометре 130: EDM1 – 19,26 мкм; EDM2 – 19,22 мкм; EDM3 – 20,88 мкм; EDM4 – 27,26 мкм.

Результаты исследования: Исследование проводилось на образцах, изготовленных из стали 65Г, с покрытием из стали 30ХГСА, нанесенным с использованием высокоскоростного газопламенного напыления на оборудовании SX-600. Измерения твердости и шероховатости показали, что средняя толщина покрытия на образцах варьировалась в диапазоне от 279 Hv до 360 Hv, а средняя шероховатость поверхности составляла от 19,22 мкм до 27,26 мкм.

Выявлено, что шероховатость поверхности покрытия зависит от режимов напыления, причем она увеличивается при повышении температуры нанесения. Эти результаты указывают на важность контроля параметров процесса напыления для достижения требуемого качества покрытия. В целом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что использование электродуговой металлизации на оборудовании SX-600 эффективно для создания покрытий с заданными характеристиками твердости и шероховатости, что может быть полезно в различных промышленных приложениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. «Беленький М.А. Электроосаждение металлических покрытий. М.: Металлургия, 1985г», [289с].
2. «Н. В. Катц, Е. В. Антошин, Д. Г. Вадивасов. Металлизация распылением. М.: Машиностроение, 1966»[200с].
3. «Технология конструкционных материалов. /Под ред. Дальского А.М. 2005»
4. «Слосман А.И., Зенин Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий: Учебное пособие.-Томск: Изд. ТПУ, 2002.» [188с].
5. «Jax1. Gedzevicius I., Valiulis A. V. Analysis of wire arc spraying process variables on coatings properties // Journal of Materials Processing Technology. 2006.» [№ 1–3 (175). С. 206–211.].
6. «Mykhailo S. [и др.]. The Effect of Increasing the Air Flow Pressure on the Properties of Coatings During the Arc Spraying of Cored Wires // Strojnicky časopis - Journal of Mechanical Engineering. 2019.» [№ 4 (69).133–146. с].
7. «Wilden J. [и др.]. Investigation about the Chrome Steel Wire Arc Spray Process and the Resulting Coating Properties // Journal of Thermal Spray Technology. 2007.» [5–6 (16). С. 759–767.].

БІР ӨЛШЕМДІ ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУ ҮШІН ТУРА ЖӘНЕ КЕРІ ЕСЕПТІ ШЕШУ АЛГОРИТМДЕРІ

Аңдатпа. Біртекті ортада акустикалық толқынның таралуы және дыбыстың бір бөлігін арнайы құрылғылармен өлшеу гиперболаалық типті теңдеулер үшін бастапқы-шекаралық есептің шығуына әкеледі. Қарастыратын кері есепті ақырлы айырымдық сұлбаны кері келтіру әдісі арқылы табамыз. Есептеу алгоритмінің қарапайымдығы мен жылдамдығы әдістің тиімділігін көрсетеді. Алгоритмнің дұрыстығын тексеру үшін қандайда бір функцияны таңдап қою арқылы тура есепті шығарамыз, содан кейін қосымша ақпаратты тауып, кері есепті шығарамыз. Қосымша ақпаратқа әртүрлі деңгейдегі қателерді қосу арқылы алгоритмнің тұрақтылығын тексереміз. Сандық нәтижелер көрсетілген.

Түйін сөздер: кері есеп, айырымдық сұлбаны кері келтіру әдісі, гиперболаалық теңдеу, толқындық теңдеу.

Кері есепті шешу алгоритмі - оған сәйкес тура есепті өте тиімді және нақты шешу жолын қажет етеді. Бұл біздің жағдайда біртекті орталарда акустикалық және серпінді толқындардың таралуын математикалық модельдеу дегенді білдіреді. Гиперболаалық типті теңдеулердің негізгі өкілі болып табылатын толқындық теңдеудің бір өлшемді жағдайын қарастырамыз.

Есептің физикалық тұжырымы келесідей: $t = 0$ уақытқа дейін орта тыныштықта болды дейік, содан кейін $u_x|_{x=0} = g(y, t)$ түріндегі көз $x = 0$ шекара бөлігінде әрекет етеді және $u|_{x=0} = f(y, t)$ қосымша ақпарат өлшенеді. Есеп $u(x, y, t)$ функциясын физикалық ортаның $x = 0$ шекара бөлігінен белгілі параметрлері бар облыста жалғастыру болып табылады.

Есептің математикалық тұжырымы:

$\Delta(L) = \{(x, t) : x \in (0, L), t \in (x, 2L - x)\}$ облысында келесі есепті қарастырамыз:

$$u_{tt} = u_{xx} - r(x)u \quad (x, t) \in \Delta(L) \quad (1)$$

$$u_x(0, t) = g(t) \quad t \in (0, 2L) \quad (2)$$

$$u(0, t) = f(t) \quad t \in (0, 2L) \quad (3)$$

Берілген (1)-(3) қисынды емес есебін келесі тура есепке қатысты кері есепке келтіреміз: (4)-(6) теңдіктерін қолданып, $\Delta(L) = \{(x, t) : x \in (0, L), t \in (x, 2L - x)\}$ облысында $q(x)$ және $g(t)$ берілген функциялары арқылы $u(x, t)$ функциясын табу.

$$u_{tt} = u_{xx} - r(x)u \quad (x, t) \in \Delta(L) \quad (4)$$

$$u_x(0,t) = g(t) \quad t \in (0, 2L) \quad (5)$$

$$u(x,0) = q(x) \quad x \in (0, L) \quad (6)$$

(4)-(6) тура есепте берілген $q(x)$ және $g(t)$ функцияларын қолданып $u(x,t)$ функциясын анықтау қажет.

(4)-(6) тура есебінің шешімі туралы (7) қосымша ақпаратын пайдаланып (4)-(7) қатынасынан $q(x)$ функциясын анықтау - кері есеп болып табылады.

Қосымша ақпарат:

$$u(0,t) = f(t), \quad t \in (0, 2L) \quad (7)$$

(4)-(7) есебінің айырымдық сұлбасы. $\Delta(L)$ облысында $h = L/N$ қадамы бар ω_h торын салайық, мұнда N - натурал сан. Содан кейін $\omega_h = \{x_i = i \cdot h, t_k = k \cdot h, i = \overline{0, N}, k = \overline{1, 2N-1}\}$ торындағы акустика теңдеуі үшін сәйкес тура есептің айырымдық сұлбасын жазамыз.

Сонымен, (4) теңдеуі келесі түрге ие:

$$\frac{u_i^{k+1} - 2u_i^k + u_i^{k-1}}{h^2} = \frac{u_{i+1}^k - 2u_i^k + u_{i-1}^k}{h^2} - \frac{r_{i+1} - r_{i-1}}{2} \cdot \frac{u_{i+1}^k - u_{i-1}^k}{2}$$

осыдан, түрлендіру арқылы келесі теңдікті аламыз,

$$u_i^{k+1} + u_i^{k-1} = (u_{i+1}^k + u_{i-1}^k) \left(1 - h^2(r_{i+1} + r_{i-1})/4\right)$$

(5) шекаралық шартты жуықтаймыз, ол үшін x айнымалы бойынша Тейлор формуласын қолданамыз:

$$u(h,t) = u(0,t) + h \cdot u_x(0,t) + (h^2/2) \cdot u_{xx}(0,t) + O(h^3)$$

Ары қарай,

$$u(h,t) = u(0,t) + h \cdot u_x(0,t) + (h^2/2) \cdot (u_{tt}(0,t) + r(0) \cdot u(0,t)) + O(h^3)$$

Бұл теңдіктен шығатыны:

$$u_x(0,t) = \frac{u(h,t) - u(0,t)}{h} - \frac{h}{2} \cdot (u_{tt}(0,t) + r(0) \cdot u(0,t) + O(h^2))$$

Онда,

$$g_k = \frac{u_1^k - u_0^k}{h} - \frac{h}{2} \left(\frac{u_0^{k+1} - 2u_0^k + u_0^{k-1}}{h^2} + r_0 \cdot \frac{u_0^{k+1} + u_0^{k-1}}{2} \right)$$

Сондай-ақ (6) шартты және (7) қосымша ақпаратты да жуықтаймыз:

$$u_i^1 = q_i$$

$$u_0^k = f_k$$

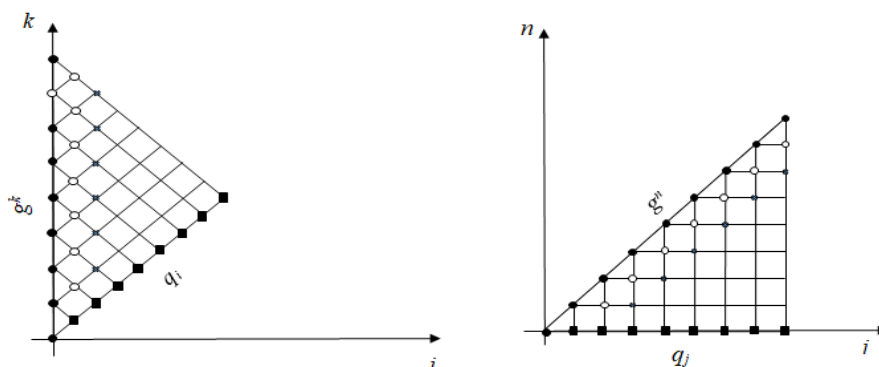
(4)-(7) есепті дискреттеу кезінде біз «ромб» сұлба үлгісін қолдандық. Алдымен (4)-(6) тура есепті шешу алгоритмін жазамыз.

$$u_i^{k+1} = (u_{i+1}^k + u_{i-1}^k) \left(1 - \frac{r_{i+1} + r_{i-1}}{4} \cdot h^2\right) - u_i^{k-1}, \quad i = \overline{1, N-1} \quad (8)$$

$$u_0^{k+1} = (u_1^k - h \cdot g_k) \cdot \frac{2}{1+r_0} - u_0^{k-1}, \quad k = \overline{1, N-1} \quad (9)$$

$$u_i^i = q_i, \quad i = \overline{0, N} \quad (10)$$

Ыңғайлы сандық шешім үшін «ромб» сұлба үлгісінен біз «шаршы» схема үлгісіне көшеміз (1-сурет).



1 - сурет - $\Delta(L)$ облысындағы тордың «ромб» үлгісінен «шаршы» үлгісіне ауысуы

$$u_j^n = (u_j^{n-1} + u_{j-1}^n) \left(1 - \frac{r_{j+1} + r_{j-1}}{4} \cdot h^2 \right) - u_{j-1}^{n-1}, \quad j = \overline{2, N}, n = \overline{1, j-1} \quad (11)$$

$$u_j^j = (u_j^{j-1} - h \cdot g_j) \cdot \frac{2}{1 + r_0} - u_{j-1}^{j-1}, \quad j = \overline{1, N} \quad (12)$$

$$u_j^0 = q_j, \quad j = \overline{0, N} \quad (13)$$

Тура есепті шешу алгоритмі.

1. (13) формуласы бойынша есептейміз: $u_0^0 = q_0$ және $u_1^0 = q_1$.

2. (12) формуласы бойынша есептейміз: $u_1^1 = (u_1^0 - h \cdot g_0) \cdot \frac{2}{1 + r_0} - u_0^0$.

3. Ары қарай, $j = \overline{2, N}$ циклі бойынша, (13) формуласын қолданып $u_j^0 = q_j$ есептейміз.

4. (11) формуласынан u_j^n .

5. (12) формуласынан u_j^j есептеп, 3 қадамға көшеміз.

Енді (4)-(7) кері есепті айырымдық сұлбаны келтіру әдісімен сандық түрде шешеміз.

$$u_{i+1}^k = \frac{(u_{i+1}^k + u_{i-1}^k)}{\left(1 - \frac{r_{i+1} + r_{i-1}}{4} \cdot h^2 \right)} - u_{i-1}^k, \quad i = \overline{1, N-1}, k = \overline{i, 2N-i} \quad (14)$$

$$u_1^k = h \cdot g_k + (u_{i+1}^k + u_{i-1}^k) \cdot \frac{1 + r_0}{2}, \quad k = \overline{1, 2N-1} \quad (15)$$

$$u_0^k = f_k, \quad i = \overline{0, 2N} \quad (16)$$

Ыңғайлы болу үшін «ромб» схема шаблоннан «шаршы» схема

шаблонына көшеміз.

$$u_j^{n-1} = \frac{(u_j^n + u_{j-1}^{n-1})}{\left(1 - \frac{r_{j+1} + r_{j-1}}{4} \cdot h^2\right)} - u_{j-1}^n, \quad j = \overline{2, N}, n = \overline{j-1, 0} \quad (17)$$

$$u_j^{j-1} = (u_j^j + u_{j-1}^{j-1}) \cdot \frac{1+r_0}{2} + h \cdot g_j, \quad j = \overline{1, N} \quad (18)$$

$$u_j^j = f_j, \quad j = \overline{0, N} \quad (19)$$

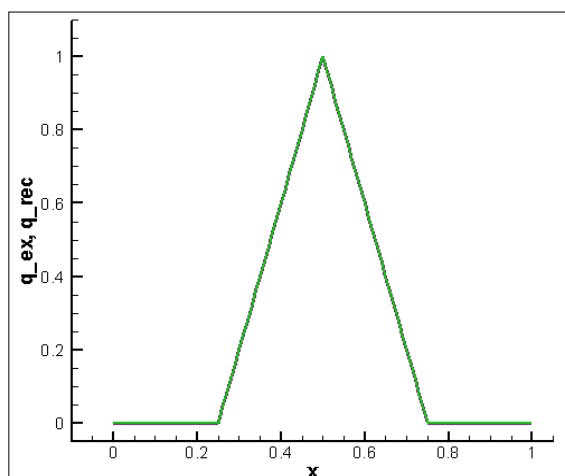
Кері есепті шешу алгоритмі

1. (19) формуласы бойынша есептейміз: $u_j^j = f_j, \quad j = \overline{0, N}$
2. (18) формуласы бойынша есептейміз: $u_j^{j-1}, \quad j = \overline{1, N}$
3. (17) формуласы бойынша есептейміз: $u_j^{n-1}, \quad j = \overline{2, N}, n = \overline{j-1, 0}$
4. $q_j = u_j^0$ - ді есептейміз.

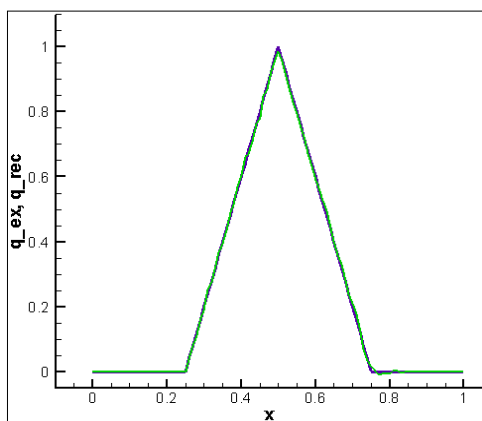
Сандық сараптамалар.

$$\text{б) } r(x) = \begin{cases} 0.2, \text{ егер } 0 < x < 0.25 \\ 0.7, \text{ егер } 0.25 < x < 0.5 \\ 0.4, \text{ егер } 0.5 < x < 0.75, \\ 0.1, \text{ егер } 0.75 < x < 1 \end{cases} \quad q_{ex}(x) = \begin{cases} 0, \text{ егер } 0 < x < 0.25 \\ 4x-1, \text{ егер } 0.25 < x < 0.5 \\ 3-4x, \text{ егер } 0.5 < x < 0.75 \\ 0, \text{ егер } 0.75 < x < 1 \end{cases}$$

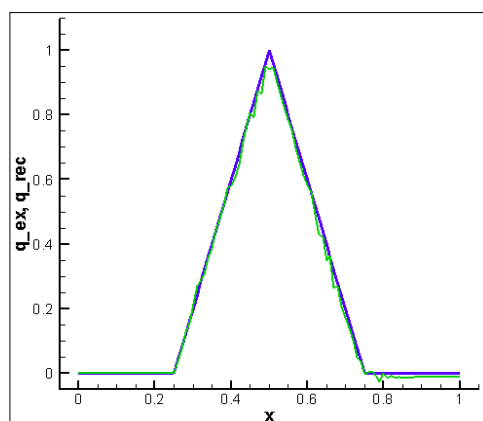
$g(t) = 0, h = L/N$. Алгоритмді тексеру үшін біз $q_{ex}(x)$ -нақты шешімді береміз. Тура есепті шығара отырып, $f(t)$ қосымша ақпаратты анықтаймыз. Содан кейін кері есепті айырымдық сұлбаларды кері келтіру әдісімен шешеміз және оны нақты шешімімен салыстырамыз. Есептеу эксперименттері әртүрлі шу деңгейлерімен жүргізілді. Төменде олардың нәтижелері көрсетілген (2-4 суреттер).



2 - сурет - Дәл шешім мен кері есеп шешімін шусыз салыстыру



3 - сурет - Дәл шешім мен кері есеп шешімі 10%-дық шуммен



4 - сурет - Дәл шешім мен кері есеп шешімі 20% шуммен

1 - кесте - Бөлік тұрақты функциялар үшін әр түрлі шу деңгейлерінде айырымдық сұлбаны келтіру әдісімен шешу нәтижелері

Шу деңгейлері	$\ q - q_{ex}\ _{L_2}$	Орындалу уақыты
Шусыз	$1.7 \cdot 10^{-14}$	0.074 сек
10% шуммен	0.068	0.067 сек
20% шуммен	0.358	0.046 сек

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Blaunstein N., Yakubov V. Electromagnetic and Acoustic Wave Tomography Direct and Inverse Problems in Practical Applications. Boca Raton: CRC Press.-2018.- P.371, <https://doi.org/10.1201/9780429488276>.
2. Pierce A. D. Acoustics: an introduction to its physical principles and applications.-Cham.Switzerland: Springer, 2019.-P. 768, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11214-1>
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.-[M.: Наука, 1979.-285 с.](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11214-1)
4. Kasenov S., Askerbekova J., Tleulesova A. Algorithm construction and numerical solution based on the gradient method of one inverse problem for the acoustics equation //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.-2022. - Vol. 2(116).-P.43–52, <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253568>
5. Kabanikhin S. Inverse and Ill-posed Problems theory and Applications.- Boston: De Gruyter, 2011. - P.476, <https://doi.org/10.1515/9783110224016>

УДК 669.431

Мараш Ж.А.(23-ММТ-2), Абдулина С.А. (PhD, ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА БОГАТОГО СВИНЕЦСОДЕРЖАЩЕГО АЙЗА ШЛАКА ПРИ РАЗНОЙ ЗАГРУЗКЕ ОКИСЛЕННО-СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ

Аннотация: Свинцовый концентрат очень ценный продукт. Для получения 1т концентрата, содержащего 50% Pb, необходимо добыть и обогатить около 50 т руды, содержащей 1% Pb. Основная задача свинцового производства 21 века – это повышение производительности свинцовой автогенной плавки, путём подбора наилучшего состава шихты и улучшения экологического состояния плавки, а также повышение рентабельности производства свинца за счет снижения себестоимости сырья, вовлечение в производство отходов и промпродуктов предприятий.

Ключевые слова: окисленное сырьё, печь ISASMELT, шихта, свинец, свинецсодержащий АЙЗА шлак, свинцовая АЙЗА плавка.

В ходе исследования подобран и изучен процесс подготовки шихты, а также выбрана автогенная схема переработки шихты, которая включает:

1. приготовление шихты - шихта для плавки должна обеспечивать получение качественного шлака богатым свинцом, максимальную производительность ISASMELT печи, высокий выжег серы и уменьшение расходных материалов, и норм на единицу продукции (шлак или мягкого свинца). Шихта для плавки приготавливается в соответствии с производственными металлургическими расчетами.

2. айза свинцовую плавку. Основная реакция, протекающая в печи:



3. продукты Айза свинцовой плавки: богатый свинцовый шлак, черновой свинец, пылегазовая смесь, технологический газ.

Ожидаемые результаты исследования - получение богатого свинцового шлака с содержанием свинца 45-60%, сокращение затрат на сырьё и их транспортировку, улучшение экологического аспекта производства свинца, получить наилучший экономический эффект от исследования, и в то же время дополнительная переработка окисленных отходов промышленности, уменьшения образования серосодержащих газов.

Задача современной науки в свинцово-цинковой отрасли промышленности -изучение и разработка путей комплексного использования сырья с наибольшим экономическим эффектом. [1]

Основным направлением совершенствования технологий получения чернового свинца из сульфидных концентратов является широкое внедрение в производственную практику автогенных процессов, ориентированных преимущественно на использование дутья, обогащенного кислородом. Применение автогенных плавков в металлургии свинца, начавшееся на рубеже 70-х 80-х годов прошлого века, явилось, по существу, использованием известных и

успешно промышленно применяемых автогенных технологических процессов в металлургии сульфидного медного и никелевого сырья с учетом специфики переработки свинцовых концентратов.

Стимулирующими факторами этого направления развития свинцового производства послужили постоянно ужесточающиеся требования экологии и органические недостатки доминирующей в получении черного свинца классической технологической схемы (включая технологию «Империл Сметтинг»).

Процесс «Isasmelt», разработанный в Австралии, хорошо известен благодаря применению его для переработки медных и оловянных концентратов. За счет внедрения этой технологии для переработки свинцового сульфидного сырья на заводе «Маунт-Айза» (Австралия) предполагается расширить производство свинца на 60 тыс. т в год. Способ предусматривает плавку свинцовых сульфидных концентратов влажностью 10-12% вместе с флюсами и оборотными пылями в стационарном вертикальном агрегате с верхним погруженным в расплав дутьем.

Преимущества технологии ISASMELT™

- Высокая производительность

Высокая интенсивность процесса плавки приводит к высокой производительности печи при относительно небольшом диаметре печи. Используя одну печь ISASMELT™ диаметром в 3,75 м завод компании Xstrata в г. Маунт-Айза перерабатывает более 1.000.000 т/г свинцового концентрата;

- Экологически безопасная технология

Технология ISASMELT™ может соответствовать самым строгим нормативам по охране окружающей среды и продемонстрировала практически нулевое количество неорганизованных выбросов с чрезвычайно эффективным улавливанием отходящих газов. Возможность удаления таких летучих примесей как As, Zn и Cd. Получение отходящих газов с концентрацией SO₂, пригодных для дальнейшей переработки;

- Высокая удельная скорость плавления

Фурму ISASMELT™ погружают в шлак, тем самым обеспечивая чрезвычайно турбулентную ванну расплава. Когда сырье вводится в расплав, оно незамедлительно затягивается под поверхность и реагирует очень быстро. Это обеспечивает переработку сравнительно большого количества сырья;

- Инновационная экономичность печи

Стационарная, вертикальная, цилиндрическая форма печи облегчает процесс укладки кирпича. Конструкция печи требует меньшего технического обслуживания, чем другие процессы. Фурма может легко выниматься из печи в любое время, если требуется техническое обслуживание, с продолжением плавки, используя новую отремонтированную фурму, взятую со стеллажа временного хранения;

- Экономичная работа

Технология ISASMELT™ достигает снижения суммарных эксплуатационных затрат посредством комбинации минимального

техобслуживания, высокой энергоэффективности и низкой потребности в персонале. Плавильные заводы, использующие технологию ISASMELT™, находятся в числе предприятий с самыми низкими затратами в мире;

- Высокая испаряемость примесей

Турбулентная ванна в процессе ISASMELT™ обеспечивает эффективное перемещение летучих элементов в поток отходящих газов. Большая часть мышьяка, например, перемещается из расплава в поток отходящих газов и может быть выведена из процесса плавки через систему отчистки отходящих газов; [2]

- Минимальная шихтоподготовка

Сырье необходимо только перемешать в барабане или лопаточном смесителе. Высокая степень измельчения и сушка не обязательны.

- Простота эксплуатации

Для общего управления заводом используется современная распределенная система управления;

- Простота процедур запуска и остановки

Простота запуска и остановки печи ISASMELT™ является ее значительным эксплуатационным преимуществом. Обычно печь может быть остановлена в течение 20 секунд и повторно запущена в течение 5 минут. Холодный перезапуск из-за длительного останова (больше 2 дней), также проходит беспрепятственно с возобновлением плавки обычно в течение менее четырех часов;

- Гибкость в видах топлива

В технологии ISASMELT™ могут использоваться большинство разновидностей угля, коксовая мелочь (в том числе регенерированная), пропан или природный газ в качестве топлива. Печь ISASMELT может быть спроектирована и под использование самого дешевого, имеющегося в наличии топлива, и в будущем может быть приспособлена под другие виды топлива при изменении цены на топливо.

Процесс ISASMELT™ в отличие от других способов является практически универсальным способом производства свинца. На основании всего вышеперечисленного процесс плавки ISASMELT™ является наиболее пригодной для получения свинца из бедных, окисленных или сульфидных руд, которые преобладают в нашем регионе. [3]

Целью данного исследования является, подбор и сравнение разного состава шихты для обеспечения выхода богатого свинецсодержащего Айза шлака с высоким содержанием свинца, при наименьших затратах на сырьевую базу, а также уменьшение выделения сернистого ангидрида, за счёт наименьшего содержания серы в составе шихты. Для того чтобы обеспечить выход богатого свинецсодержащего Айза шлака с высоким содержанием свинца, необходимо найти и применить более лучшую шихту, с малым количеством содержания кадмия и серы.

Шлак – самый важный компонент любого процесса плавления. Шлак печи ISASMELT - ценный промежуточный продукт, из которого в дальнейшем, при переделе в шахтных печах извлекают свинец.

Шихтаподготовка является самым важным моментом всего процесса, так

как эта операция находится на голове всего передела получения товарного металла. Составления наилучшего состава шихты и закладки штабеля зависит от многих факторов таких как:

- 1) Состав получаемых концентратов, разного класса.
- 2) Влажность закладываемого штабеля.
- 3) Смешивание основной шихты со вторичными материалами.
- 4) Доля благородных металлов в шихте для рентабельности передела.

На данный момент основным сырьем для Айза свинцовой плавки является сульфидные концентраты, загрузка сульфидного сырья в шихтовку составляет 50-70%, что требует большие затраты, в связи с покупкой и перевозкой данных концентратов.

Дорогая стоимость сульфидных концентратов, обусловлена тем, что обогащения руды в горно-обогатительных комбинатах непрерывно.

С каждым годом сырьевая база всё беднее и беднее, сравнивая с прошлым веком содержание свинца в концентратах уменьшилось с 50-60% до 35-50%.

Доля окисленного сырья составляет 27% от массы шихты. Постепенное добавление окисленного сырья и промпродуктов, путём окатывания с другими окисленными материалами (кеки и пыли), поможет сократить затраты на сульфидные концентраты, и поднимет выход богатого свинецсодержащего Айза шлака. Также приведет к сокращению образования сернистого ангидрида, что улучшит экологическое состояние всего производство.

Рассмотрим разные штабеля и выход богатого Айза шлака

Таблица 1 – Выход богатого свинецсодержащего Айза шлака при разной загрузке окисленного сырья

Штабель, т	Доля сульфидного сырья, %	Доля окисленного сырья, %	Флюсы и топливо, %	Выход богатого свинецсодержащего Айза шлака, т-%	Содержание свинца в шлаках, %
3000	69,5	27	3,5	1860-62	52,3
3000	66,5	30	3,5	1920-64	49,4
3000	61,5	35	3,5	2032-68	44,9
3000	56,5	40	3,5	2125-70	42,6

Сокращая сульфидное сырьё в загрузке, также и сокращается количество серы, необходимое для протекания экзотермических реакции во время процесса плавки, решением данной задачи служит, загрузка немагнитной фракции клинкера.

Таблица 2 – Содержание благородных металлов в богатом Айза шлаке

Номер штабеля	Au	Ag	Cd	Al ₂ O ₃	MgO
	г/т	г/т	%	%	%
1	24,5	2285,7			
2	20,3	1662,6	0,16	1,66	0,60
3	20,1	1292,7	0,22	1,49	0,65
4	19,8	1368,8	0,16	1,43	0,59

Металлургия свинца принадлежит к числу материалоемких производств, поэтому на свинцовых заводах уделяется большое внимание вопросу повышения извлечения и комплексности использования сырья.

Свинцовые заводы мира имеют извлечение свинца 95-98% и получают дополнительно золото, серебро, медь, цинк, сурьму, висмут, кадмий и другие металлы в чистом виде или в различных соединениях, а также серную кислоту. [5]

В металлургии свинца основной частью затрат на производство металла являются:

- 1) затраты на сырье (60-80%), которые в большой степени зависят от его состава и затрат на транспортировку.
- 2) до 20% расходов приходится на заработную плату.
- 3) 15% на топливо и электроэнергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Диомидовский Д. А. Металлургические печи цветной металлургии. — М.: Металлургия, 1995
2. Шустров А. Ю., Маценко Ю. А., Никифоров В. И., Денисов В. В. Разработка и внедрение комплексной технологии переработки лома аккумуляторных батарей, 2012.
3. Рябко А. Г., Цемехман Л. Ш. Развитие автогенных процессов в металлургии свинца, 2013.
4. Шалыгин Л. М., Коновалов Г. В., Колтон Г. А. Перспективное направление автогенной переработки сульфидных руд и концентратов на основе пространственно ориентированного кислородного дутья, 2016
5. Демихов В. Н., Ермаков А. Б., Зейдлиц А. А. Переработка разделанного аккумуляторного лома отдельно и в смеси с оборотными свинецсодержащими пылями, 2005.

УДК 629.33

Мусина Г. С. (гр.24-МТТ-2з, ВКТУ), Мырзабекова Д.М. (PhD, ВКТУ),
Муздыбаев М.С. (к.т.н., ВКТУ)

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА АО «ОЭСК» ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

Аннотация: В данном исследовании рассмотрен вопрос поддержания работоспособности подвижного состава. Выполнен анализ состояния подвижного состава и её работоспособности. Предложена методика поддержания работоспособности транспортных средств на основе управления ремонтными работами.

Ключевые слова: Транспорт, подвижной состав, работоспособность, ремонт, метод, методика.

Актуальность исследования: Деятельность АО «ОЭСК» включает решение задачи по перевозке грузов и пассажиров. При этом для выполнения указанных функции необходимо поддерживать парк в работоспособном состоянии. В этом случае задачей технической эксплуатации автомобилей является обеспечение перевозочной деятельности работоспособными и технически исправными транспортными средствами для обеспечения возможности реализации транспортного процесса. Задачи коммерческой эксплуатации - наиболее эффективное использование исправных автомобилей, получение дохода и его распределение в соответствии с фактическим вкладом в транспортный процесс. Практическое значение работы заключается в применении методик и расчетов для повышения эффективности работы эксплуатационной и обслуживающей службы предприятия АО «ОЭСК». Внедрение результатов работы на предприятии позволит повысить эффективность использования подвижного состава за счет рационального его использования, а также снизить материальные затраты на транспортные работы. Так как работа транспорта непосредственно связана с работами других подразделений предприятия, то повышение эффективности работы транспортного цеха напрямую влияет на работу других подразделений предприятия. Решение задачи поддержания им рабочего состояния автомобилей в АО «ОЭСК» возлагается на инженерно-техническую службу. В ее составе имеется технический отдел, где фиксируются все причины отказов и неисправностей, работы по их устранению, учитываются все ресурсы и запасные части.

Результаты ранее выполненных исследований показали, что большая часть отказов машин происходит по причине износа. Поэтому при анализе процессов изменения состояния машин в функции времени особое внимание уделяется вопросам трения и изнашивания.

Знание закономерностей процессов трения деталей машин в сопряжениях позволяет влиять на интенсивность их изнашивания, а следовательно, управлять надежностью машин. Так же изнашивание может сопровождаться процессами усталостного разрушения, окисления и коррозии. Механическое изнашивание

возникает в результате механического воздействия на детали машин некоторого контртела. При разработке нормативной документации (главным образом, при установлении методов контроля изготавливаемой или ремонтируемой продукции) все возможные дефекты могут подразделяться на: критические, значительные и мало значительные. Такое разделение основано на оценке степени влияния каждого рассматриваемого дефекта на эффективность и безопасность использования продукции с учетом ее назначения, устройства, показателей ее качества, режимов и условий эксплуатации. При решении задач надежности необходимо изучить и с достаточной точностью описать исследуемый технический объект. Спецификой надежности как свойства является то, что она характеризует и позволяет оценивать насколько быстро происходит изменение качества и эффективности изделия при его работе в определенных условиях эксплуатации.

Обобщающим термином «техника» обычно называют совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и удовлетворения непроеизводственных потребностей общества. К этому понятию относят все многообразие создаваемых изделий и комплексов, машин и механизмов, деталей и узлов, приборов и агрегатов, инструментов и приспособлений.

Любые технические устройства, в том числе и транспортную технику, можно представить в виде упорядоченной структуры связанных и взаимодействующих между собой элементов. Связи и взаимодействия между элементами структуры с течением времени изменяются, т.е. происходит изменение технического состояния машины. Потеря агрегатами и системами, а также машиной в целом своих первоначальных параметров, т.е. работоспособности, с течением времени зависит:

- от влияния рабочих процессов, которые протекают при осуществлении машиной заданных функций;
- от действия остаточных явлений как следствие технологических процессов, применяющихся при изготовлении машины,
- от воздействия окружающей среды

Поэтому поддержание надежности транспортной техники в эксплуатации является комплексной прикладной задачей. К показателям надежности относят количественные характеристики надежности, которые вводят согласно правилам статистической теории надежности. Надежность является комплексным свойством. Ее характеризуют безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Безотказность свойственна объектам в той или иной степени в любом из возможных режимов их существования.

Безотказность— свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. В основном безотказность рассматривается применительно к использованию объектов по назначению, но в некоторых случаях необходима оценка безотказности при хранении и транспортировании объекта. Необходимо подчеркнуть, что показатели безотказности вводятся либо по отношению ко всем возможным отказам объекта, либо по отношению к какому-либо типу (типам) отказа с

указанием на критерии отказа. С учетом подверженности транспортной техники влиянию вышеуказанных факторов, техническое состояние и работоспособность транспортной техники должны быть подконтрольны, а при необходимости на нее должны быть оказаны соответствующие технические воздействия. Вероятность безотказной работы определяется в предположении, что в начальный момент времени (момент начала исчисления наработки) объект находится в работоспособном состоянии. Вероятность безотказной работы связана с функцией распределения и плотностью распределения наработки до отказа.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Следует отметить, что объект может перейти в предельное состояние, оставаясь при этом работоспособным, если его дальнейшее применение по назначению станет недопустимым по требованиям безопасности, экономичности и эффективности.

В процессе хранения и транспортирования объекты могут быть подвержены неблагоприятным воздействиям окружающей среды, например колебаниям температуры, влажного воздуха, вибрации и так далее. В результате объект может перейти в неработоспособное либо предельное состояние. Способность объекта противостоять отрицательному воздействию условий хранения и транспортирования наиболее корректно характеризует его сохраняемость.

Таким образом, на технические воздействия, осуществляемые по отношению к транспортной технике, в соответствии с функциональным назначением возлагают следующие задачи:

- контроль работоспособности машин путем оценки технического состояния;
- состояния агрегатов и узлов машины методами диагностики;
- поддержание работоспособности машин путем профилактики процессов в агрегатах и узлах методами технического обслуживания;
- восстановление работоспособности машин путем устранения отказов агрегатов и узлов методами ремонта.

Известно, что транспортная техника, как правило, представляет собой сложную техническую систему. С позиций приспособленности к контролю параметров технического состояния они могут быть контролепригодными либо непригодными к контролю. Это в обязательном порядке отражается в конструкторской, проектной и эксплуатационной документации изделия. С позиций приспособленности к поддержанию исправного технического состояния технические изделия могут быть как пригодны, так и непригодны к техническому обслуживанию (так называемые обслуживаемые и необслуживаемые изделия). Это также отражается в конструкторской, проектной и эксплуатационной документации. По приспособленности к восстановлению работоспособности рассматривают изделия, пригодные и непригодные к восстановлению их работоспособности методами ремонта (так называемые ремонтируемые и неремонтируемые изделия). Приспособленность к ремонту должна быть установлена технической документацией. С позиций оценки

эксплуатационной надежности транспортных машин продолжительность их ремонта представляет показатель, существенно влияющий на затраты на поддержание их надежности. В практических задачах теории надежности часто оценивают вероятность такого случайного события, как отказ объекта, либо рассматривают распределение наработки объекта до момента возникновения отказа. Производственный процесс определяет нагрузочные и скоростные режимы работы агрегатов и систем машины. Они оптимизируются по критерию максимальной производительности при заданном уровне затрат. Сопутствующим является процесс изнашивания. Управление им сводится к минимизации темпа износа с учетом затрат на эти цели. Темп износа, в свою очередь, вызывает процесс восстановления той или иной интенсивности и связан с затратами и простоями, что учитывается при оптимизации рабочих режимов производственного процесса. Так выявляется прямая и обратная связь между всеми тремя процессами. Моделирование затрат на поддержание эксплуатационной надежности следует производить с учетом характера изменения затрат на устранение отказов, а также характера возникновения отказов на основе определения ведущей функции потока отказов. Кроме того, следует учитывать и показатели надежности узлов машин в целом. Повышая безотказность узлов машин, можно снизить затраты на поддержание их эксплуатационной надежности. При данном подходе имеется несколько вариантов решения задачи. Один из них предусматривает повышение безотказности и долговечности часто отказывающихся деталей машин. Другой – изменение характера работ текущего ремонта путем оптимизации систем замен деталей и разновидностей текущего ремонта. Однако наиболее перспективным представляется сочетание указанных подходов с целью повышения эксплуатационной надежности машин и снижения, необходимых для ее поддержания затрат.

Объект исследования: подвижной состав предприятия АО «ОЭСК»

Предмет исследования: методы и методики обеспечения работоспособности подвижного состава предприятия в эксплуатации.

Задачи:

- Выполнить анализ ранее выполненных работ по поддержанию работоспособности подвижного состава автомобилей
- Разработать математическую модель потока отказов подвижного состава
- Предоставить методику поддержания работоспособности подвижного состава

Научная новизна: Значение работы состоит в усовершенствовании теоретико-методических, научных и практических положений и методов улучшения работы автотранспортных средств предприятия и повышения эффективности функционирования служб, связанных с работой автомобильного транспорта предприятия:

- теоретико-методические положения оптимизации деятельности эксплуатации подвижного состава предприятия;
- экономические подходы к оценке показателей, характеризующих

деятельность транспортного средств предприятия.

Практическая значимость: Сокращение затрат в эксплуатации подвижного состава путём управления ремонтными работами на основе аналитических зависимостей, описывающих поток отказов подвижного состава. Так же практическая значимость работы достигается путем применения методик повышения эффективности работы эксплуатационной и обслуживающей службы предприятия АО «ОЭСК».

Вывод: Для сокращения затрат по поддержанию работоспособности подвижного состава необходимо выявить закономерность отказов и разработать методику управления ремонтными работами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.И. Бернацкий, Б.Н. Нифонтов, И. П. Плеханов; Под ред. Д.П. Великанова. - М. : Транспорт, 1977. - 326 с.
- 2 Аригин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. (Управление технической готовностью подвижного состава): Учеб. пособие. / И.Н. Аригин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов, А.А. Бочков. - 2-е изд., доп. -Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2003. - 248 с.
- 3 Великанов Д.П. Эффективность автомобильных транспортных средств и транспортной энергетики [Текст]: Избранные труды. - М. : Научка, 1989. - 198 с.
- 4 Корчагин В.А. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автотранспортных предприятиях. / В.А. Корчагин, Д.В. Птицын - К. : Техника, 1980. - 104 сс
- 5 Кульсеитов Ж.О. Надежность транспортной техники: Учебник для студентов специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии». / Кульсеитов Ж.О., Муздыбаев М.С., Савостенко В.В., Муздыбаева А.С., Жакупов К.Б., Найманова Г.Т.; Под ред. профессора Кульсеитова Ж.О. – Алматы, 2011. – 202 с.
- 6 Мигачев В.А. Критерии и оценка эффективности подвижного состава автомобильного транспорта / М.Ю. Обшивалкин, В.А. Мигачев // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Сб. материалов Международной научно-практической конференции, ноябрь 2007. - Владимир: ВлГУ, 2007 г. - С. 76-79
- 7 Труханов В.М. Надежность технических систем. -М.: Машиностроение, 2003.-320 с.

УДК 669:541.1

Мухамедова А.И. (21-ДФФ-3, ВКТУ), Погребняк А.Д. (д.т.н., Сумский государственный университет), Уазырханова Г.К. (PhD, ВКТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ, МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. Представлен обзор результатов экспериментальных исследований нанокompозитных защитных покрытий с различным химическим составом и структурой. Проведен анализ аспектов формирования многоэлементных и многослойных систем с заданными критериями и характеристиками с определённым фазовым составом, структурой, субструктурой и высокими функциональными свойствами, а также представлено исследование показателей таких систем в экстремальных условиях эксплуатации и их трибологические характеристики. Проведено изучение структурно-фазового и химического состава, твёрдость, трение, износ при повышенных температурах данного типа защитных покрытий. Особо рассмотрено состояние многофункциональных многослойных покрытий в зависимости от их свойств и структуры в процессе трибологических испытаний.

Ключевые слова: наноструктурное состояние, энтропия, иерархические адаптивные покрытия, трение, износ.

Современные нанокompозитные многокомпонентные защитные покрытия представляют собой адаптивный иерархический материал, состоящий из чередующихся нанослоёв с различным модулированным химическим составом. Это сложная неравновесная система, в которой протекают нелинейные процессы, в том числе с бифуркациями и образованием диссипативных структур с фазовыми переходами [1], что способствует образованию нанокристаллической и/или нанокластерной структуры с уникальными функциональными свойствами [1, 2].

Практический интерес представляет усовершенствование технологий получения материалов с нанокристаллической структурой и высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами путём целенаправленного выбора технологических параметров осаждения на основе установленных физических принципов получения наноструктурного состояния в вакуумно-плазменных многоэлементных и многослойных системах. Формулирование условий получения нанокompозитных покрытий и поверхностных слоёв материалов с особыми свойствами будет способствовать повышению эффективности имеющегося оборудования. Осаждение покрытий в условиях воздействия потоков многокомпонентной металлической плазмы на подложки большой площади с высокой степенью однородности и достаточно высокой скоростью будет основным методом реализации этих подходов, отличающимся также снижением энергозатрат и стоимости процесса напыления.

В качестве исследуемых материалов были выбраны различные покрытия на основе переходных металлов Ti, Y, Hf, Zr, V, Nb, Ta, Cr, Al, Mo и неметаллических наполнителей B, N, Si. Проанализированы результаты ряда

исследований, позволяющих установить основные взаимосвязи структурно-фазового состояния и эксплуатационных свойств покрытий с методами и условиями их получения [3].

При разработке наноструктурных материалов используют многоуровневый подход — многоуровневую модель деформируемого твёрдого тела. В рамках методологии синергетики деформируемое твёрдое тело рассматривается как открытая, сильнонеравновесная в локальных зонах концентраторов напряжений система, в которой в ходе нагружения протекают неравновесные локальные структурные превращения. Последние развиваются на различных масштабных уровнях и различаются по характеру, энергии, протяжённости в объёме, скорости протекания. Их самоорганизация в заданных граничных условиях нагружения обуславливает формирование диссипативных структур.

Размерная зависимость позволяет классифицировать наноматериалы по геометрической форме и размерности структурных элементов, из которых они состоят. Основными типами наноматериалов в соответствии с их размерностью являются кластерные материалы, волоконные материалы, плёнки и многослойные структуры, а также объёмные поликристаллические материалы, зёрна которых имеют нанометровые размеры во всех трёх направлениях [1]. Выделяют особый класс наноструктур — нанокомпозиты, которые характеризуются гетерогенной структурой, образованной практически не взаимодействующими фазами со средними линейными размерами структурных элементов менее 100 нм [2].

Необходимо отметить, что анализ накопленных экспериментальных результатов показывает, что свойства наноматериалов определяются не только размерностью структурного элемента, но и окружением, в которое помещён такой элемент, а именно структурным и фазовым состоянием границ раздела (границ зёрен) [2].

В соответствии с предлагаемыми принципами конструирования покрытий метод прогноза их состава заключается в выборе элементов, обеспечивающих многофазность покрытий в условиях их синтеза, формирование фаз с одинаковым объёмным содержанием и, следовательно, малое различие вероятностей образования островков и возможность релаксации концентраторов напряжений на границах их сопряжения.

Каждый из слоёв многослойно-композиционного покрытия может иметь как монослойную (микроструктурирование), так и многослойную (наноструктурирование) архитектуру. В настоящее время разработка современных покрытий композиционного и многослойного типов ведётся при использовании следующих основных концепций:

- покрытия на основе упрочняющих твёрдых растворов,
- покрытия со слоями, градуированными по типам связи,
- покрытия на основе метастабильных систем с гомогенной металлоидной структурой,
- покрытия с наноструктурированными многофазными слоями,
- супермногослойные покрытия со слоями наноразмерной толщины.

Слоистая архитектура покрытий наноразмерной толщины позволяет стабилизировать (фиксировать) определённую текстуру каждого слоя покрытия и создавать материалы для покрытий нового типа. Наноструктурированные многослойные покрытия можно классифицировать следующим образом:

- стандартные износостойкие покрытия, имеющие многослойную архитектуру, из материалов с одинаковыми химическими связями и структурой,
- многослойные покрытия из материалов с сильным отличием химических связей и структуры,
- многослойные покрытия, имеющие слои с внутренними граничными промежуточными подслоями нанометровой толщины.

С помощью многослойных покрытий с наноразмерной толщиной каждого из слоёв можно активизировать различные виды процессов поглощения энергии, что при оптимальной архитектуре и структуре покрытия приводит к повышению вязкости и прочности материала покрытия лишь при незначительном снижении твёрдости (обеспечение сбалансированного соотношения твёрдость/вязкость).

В последние несколько десятилетий одним из перспективных направлений трибологического материаловедения является разработка и усовершенствование так называемых "интеллектуальных" материалов и систем. Особенность таких материалов заключается в их способности проявлять структурно-адаптивные свойства в процессе эксплуатации при определённых условиях.

В работе [4] представлены результаты экспериментального исследования механизмов трения и износа многокомпонентного многослойного покрытия TiAlCrYN. Покрытие получали последовательным магнетронным напылением мультислоёв TiAlYN/TiAlCrN, TiAlY(0)N/Cr(0)N на стальные подложки. Суммарная толщина покрытия составляла 3,5 мкм, твёрдость покрытий 26,6 ГПа независимо от типа стали подложки.

Результаты испытаний показали, что коэффициент трения покрытия TiAlCrYN был в пределах 0,61-0,68, что значительно больше, чем у другого нитрида переходного металла, TiAlN/VN ($\mu = 0,4-0,5$) [4]. По мнению авторов [4] увеличение глубины азотированного слоя приводит к понижению коэффициента трения, с исключительно высоким коэффициентом износа при глубине азотирования 270 мкм. Но, тем не менее, коэффициент износа оставался на 2 -3 порядка ниже, чем значения для неазотированной стали.

Авторы работы [4] указывают также на влияние относительной влажности на коэффициент трения покрытий TiAlCrYN: при относительной влажности 30 - 33 % коэффициент износа составлял $\sim 10^{-16} \text{ м}^3 \text{ Н}^{-1} \text{ м}^{-1}$, тогда как уменьшение относительной влажности привело к значительно большему коэффициенту износа: $\sim 10^{-15} \text{ м}^3 \text{ Н}^{-1} \text{ м}^{-1}$.

Проанализировав результаты испытаний покрытия на износостойкость, авторы [4] приходят к выводу о том, что дуговые процессы плазменного азотирования, предшествующие магнетронному распылению TiAlCrYN-покрытий, являются эффективными для улучшения износостойкости относительно мягких поверхностей. Авторы указывают также на важность периода обкатки при определении коэффициента трения, так как в результате

этого периода испытания происходило повышение коэффициента трения и продукты износа превращались из скоплений осколков в трибоплёнку с хорошей адгезией.

Эксплуатационные характеристики нанокompозитного покрытия TiAlCrYN с наностолбчатой структурой типа NaCl (рисунок 1) представлены в работе [5]. Размер зёрен составлял 5,6, 8,2 и 7,3 нм для покрытий серии 1, 2 и 3 (рисунок 1а-в) соответственно.

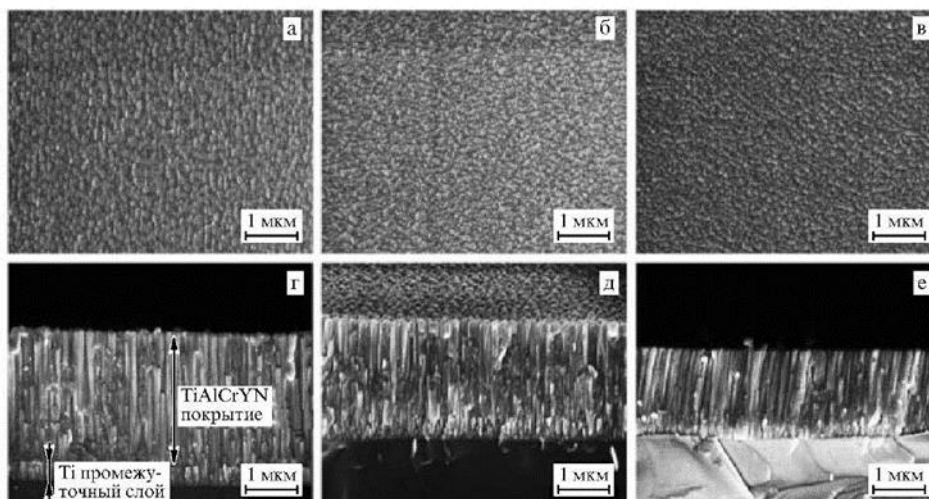


Рисунок 1 - СЭМ-изображения поверхности покрытий TiAlCrYN (а-в) и соответствующие изображения поперечного сечения покрытий (д - е)

Адгезионная прочность покрытий TiAlCrYN исследовалась [5] с помощью наноскретч-тестера, для каждого покрытия было проведено восемь скретч-тестов. В течение процесса нагружения глубина деформации и коэффициент трения увеличивались при возрастании нормальной нагрузки. После нагрузки 374 мН резко увеличивалась глубина индентирования и наблюдалось резкое изменение коэффициента трения. Эту нагрузку называют критической (момент появления первой шевронной трещины). В этой точке покрытие было частично отслоено, его разрушение было обусловлено высоким сжимающим напряжением со стороны индентора. Профиль после сканирования показал, что разрушение покрытия Al-O и Ti-O, демонстрируют большие коэффициенты трения.

Тесты покрытия TiAlCrYN на износостойкость проводились на микротрибометре CETR UMT-2 при комнатной температуре с использованием контртела из нержавеющей стали при нагрузке 2 Н. Образцы первой, второй и третьей серий продемонстрировали средний коэффициент трения 0,68, 0,78 и 0,7-0,73 соответственно. Авторами работы [5] отмечались также признаки микроизноса и оксидирования изношенного покрытия с формированием тонкого слоя оксида и свободных осколков износа этого оксида. Ни трещин, ни разрушающих отслоений не наблюдалось, что свидетельствует о хорошем сопротивлении разрушениям у этих покрытий. Особый интерес представляют физические аспекты конструирования многоэлементных и многослойных

наноструктур. Используются гипотезы и идеи из разных областей естественных наук, а именно: физики твёрдого тела, физики плазмы, физического материаловедения, физической химии, физики конденсированного состояния и консолидированных материалов [6-12].

Современные адаптивные износостойкие покрытия можно рассматривать как иерархические наноструктурные материалы поверхностной инженерии. Они обладают динамической иерархией на двух основных структурных уровнях: наноразмерные слои поверхности трибоплёнок, которые выполняют защитную, смазывающую функцию, выступают в роли теплового барьера и в значительной степени контролируют износостойкость всей поверхностно-инженерной системы; нано/микрочешуйчатые покрытия со сложной нанокристаллической/многослойной структурой и неравновесным состоянием. Адаптивные износостойкие покрытия полностью реализуют свой потенциал в экстремальных трибологических условиях. Такие условия эксплуатации в основном связаны с сильными градиентами различных характеристик на поверхности трения. Они далеки от равновесного состояния, и скорость износа незащищённой поверхности при трении чрезвычайно высока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Азаренков Н А и др. Наноструктурные покрытия и наноматериалы: основы получения, свойства, области применения: Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии (М.: Либроком, 2013)
2. Pogrebnjak A D et al. Phys. Usp. 52 29 (2009)
3. Pogrebnjak A D et al. Int. J. Ref. Met. Hard. Mater. 48 222 (2015)
4. Luo Q et al. Tribol. Lett. 34 113 (2009)
5. Barshilia H C, Acharya S, Ghosh M Vacuum 85 411 (2010)
6. Pogrebnjak A D et al. J. Alloys Compounds 679 155 (2016)
7. Багдасарян А А и др. Журн. нано- и электрон, физики 6 02028 (2014)
8. Pogrebnjak A D, Lebed A G, Ivanov Yu F Vacuum 63 483 (2001)
9. Pogrebnjak A et al. Ceram. Int. 42 11743 (2016)
10. Pogrebnjak A et al. Ceram. Int. 43 771 (2017)
11. Bazhin AI et al. Phys. Met. Metallogr. 117 594 (2016)
12. Pogrebnjak A et al. Protect. Met. Phys. Chem. Surf. 52 802 (2016)

ӘӨЖ 621.793

Мұқтанова Н. (ШҚТУ), Рахадилов Б.К. (PhD, ШҚУ)

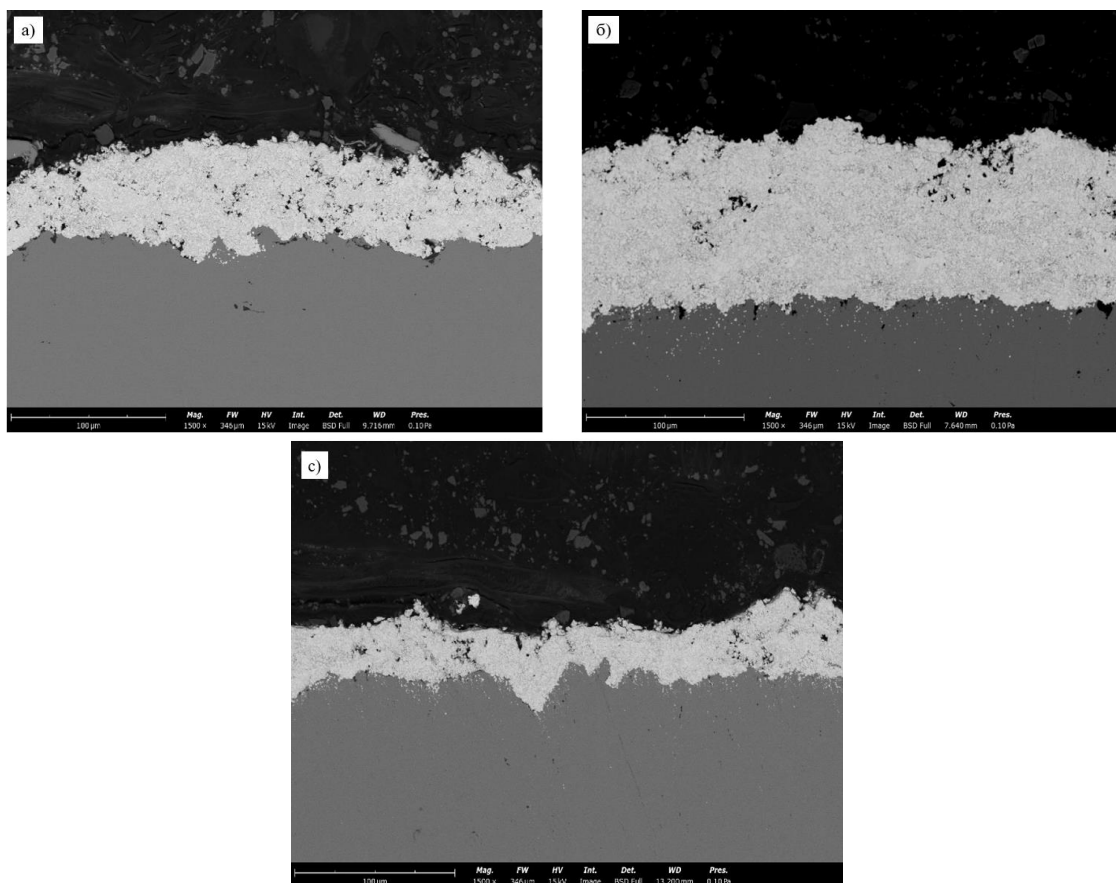
86WC-10CO-4CR ЖАБЫНЫНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ-ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ HVOF ӘДІСІНІҢ БҮРКУ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ӘСЕРІ

***Аңдатпа.** Мақалада HVOF Termika-3 жоғары жылдамдықты газдық жалынды бүрку әдісімен алынған 86WC-10Co-4Cr жабындарының механикалық-трибологиялық қасиеттері мен фазалық құрамы зерттелді. Өзгертілген технологиялық параметр ретінде бүрку қашықтығы алынды және ол жабындардың қалыңдығының өзгеруіне әкелді. Жабындардың беті дамыған сипатқа және жоғары кедір-бұдырлыққа ие болды. Рентгендік фазалық талдау нәтижелері алтыбұрышты WC-нің негізгі фаза ретінде басым болуын, алтыбұрышты вольфрам карбиді W_2C мен кобальт оксиді CoO фазаларының шамалы болуын көрсетті. 86WC-10Co-4Cr жабындарының тозуға төзімділігінің жоғары және үйкеліс коэффициентінің төмен болуы жоғары қатты және тұрақты WC түйіршіктерінің жоғары көлемді үлесімен түсіндірілетіні анықталды.*

***Түйін сөздер:** тозуға төзімділік, металл-керамикалық жабындар, жоғары жылдамдықты газ жалынымен бүрку, ысырма, карбидтер, көміртексіздену*

Мұнай өңдеу өнеркәсібі құбыр арматураларының нақты қызмет ету мерзімін және жөндеу аралық кезеңінің ұзақтығын ұлғайту жолдарын қажет етеді [1-2]. Бұл жұмыста құбыр арматурасы клапанының "ысырма-орны" бөлігінің сапалық сипаттамаларын қамтамасыз ету үшін жоғары жылдамдықты газдық жалынды HVOF әдісі қолданылып, зерттеу материалы ретінде түйіршіктерінің мөлшері 15÷50 мкм болатын 86WC-10Co-4Cr ("Полема" АҚ, Тула қ., Ресей) кобальт-хром матрицасында агломерленген, металл-керамикалық вольфрам карбиді ұнтағы мен субстрат ретінде жоғары легіріленген, коррозияға төзімді 30X13 болатынан жасалған үлгілер пайдаланылды. HVOF Termika-3 ("PlasmaScience" ЖШС, Өскемен қ.) қондырғысында әртүрлі бүрку қашықтығында (L1-200 мм, L2-300 мм, L3-400 мм) 86WC-10Co-4Cr металл керамикалық жабындары алынды.

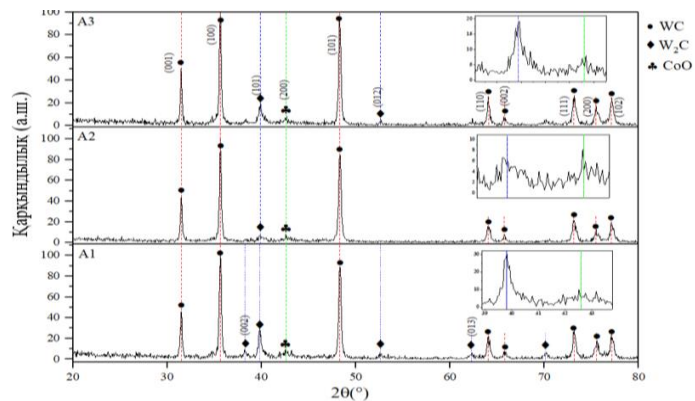
Жабындардың көлденең қимасы Phenom XL сканерлеуші электрондық микроскопында зерттелді. Зерттеу материалы ретінде алынған ұнтақ бөлшектерінің морфологиясы сфералық пішінге ие. Бұл технологиялық тұрғыдан маңызды, өйткені ол бүрку кезінде ұнтақ бөлшектерінің біркелкі өтуін қамтамасыз етеді. 1 суретте үш түрлі бүрку арақашықтығында алынған жабындардың көлденең қимасының құрылымы көрсетілген.



Сурет 1 - Бұрку арақашықтығының өзгертуімен алынған 86WC-10Co-4Cr жабындарының көлденең қимасының құрылымының СЭМ суреттері: а) 200 мм; б) 300 мм; с) 400 мм

Барлық жабындар субстратқа мықтап жабысқан, ешқандай жарықшалар мен қабыршақтану белгілері байқалмады. Жабындардың қалыңдығы сәйкесінше L1, L2 және L3 үлгілері үшін $h=60$ мкм, $h=97$ мкм және $h=35$ мкм болды. Бұрку қашықтығының өзгеруіне сәйкес жабындардың қалыңдығында әртүрлілік байқалады. Барлық жабындарда салыстырмалы кеуектілік 1,6% - дан аспады, алайда 0,5% мәніне ие ең аз кеуектілікті 300 мм бұрку қашықтығында алынған жабыны көрсетті (1 б, сурет). Жабындардың кеуектілігі сәйкесінше L1, L2 және L3 үлгілері үшін 1,6%, 0,5% және 1,3% құрады. 200 мм бұрку арақашықтығында ұнтақ бөлшектері ыстыққа ұзақ уақыт ұшырайды, бұл олардың қызып кетуіне және нәтижесінде жабында микрокеуекті құрылымның пайда болуына әкелді. Әрі қарай, бұрку қашықтығын 300 мм-ге дейін ұзартқан кезде жылу әсерінің біртіндеп төмендеуі, материалға жабынның бірыңғай жабысуы байқалады, бұл біркелкі және кеуекті емес жабынның пайда болуына ықпал етті. Бұрку қашықтығын одан әрі 400 мм-ге дейін ұлғайтқан кезде жабын субстратқа біркелкі емес жабысты және бұл бұрку процесі кезінде WC дұрыс ерімеуінен және субстратқа жеткенге дейін бөлшектердің тез салқындап қалуынан болуы мүмкін. Жабындардың R_a кедір-бұдырлығы үш өлшемді Leica DCM8 профилометрмен анықталды. Кедір-бұдырлық мәндері сәйкесінше L1, L2 және L3 үлгілері үшін 2,5 мкм, 2 мкм және 2,3 мкм құрады.

Ұнтақтар мен жабындардың рентгендік құрылымдық талдауы X'PertPRO дифрактометрінде $\text{Cu-K}\alpha$ -сәулеленуімен ($\lambda = 0,154 \text{ нм}$) жүргізілді, ол сәйкесінше 40 кВ және 30 мА кернеу мен ток мәндерінде жұмыс жасады. Өлшеу 2θ диапазонында 10° - дан 80° - қа дейін жүргізілді, эксперименттер үшін қадамның ені мен экспозиция уақыты әр қадам үшін $0,05^\circ$ және 0,5 с-қа орнатылды. 2 суретте әртүрлі бүрку қашықтықтарында алынған 86WC-10Co-4Cr негізіндегі жабындардың дифрактограммалары берілген.



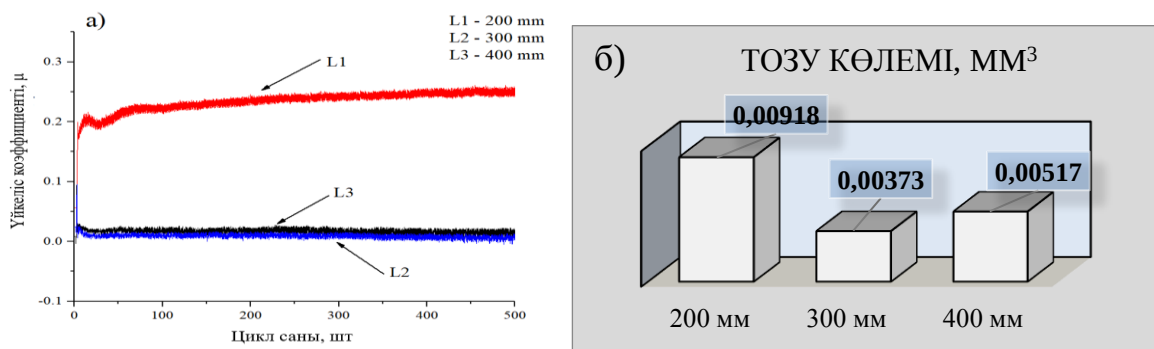
Сурет 2 - Әр түрлі бүрку қашықтықтарында алынған 86WC-10Co-4Cr жабындарының диаграммалары: L1-200 мм, L2-300 мм, L3-400 мм

Рентгендік фазалық талдау нәтижелері жабындардың фазалық құрамы негізгі фаза ретінде алтыбұрышты жоғары вольфрам карбидінен WC және екінші фаза ретінде алтыбұрышты төмен вольфрам карбидінің W_2C салыстырмалы түрде аз үлесінен тұратынын көрсетті, сонымен қатар кобальт оксидінің CoO аздаған пиктерін де байқауға болады. Көрсетілген соңғы екі фаза, бүрку кезінде ұнтақтың термиялық ыдырауынан пайда болған, бұл нәтижелер [3] автордың зерттеуімен де сәйкес келеді. W-C екілік жүйесінің күй диаграммасына сүйене отырып, 2400-2800 °C температура аралығында WC фазасынан көміртектің жоғалуы орын алады деп болжауға болады, бұл W_2C фазасының пайда болуына әкеледі. 200 мм бүрку арақашықтығында бөлшектер жоғары температура мен жылдамдыққа ие болуы мүмкін, себебі, бұл WC-нің W_2C -ге дейін қарқынды ыдырауына ықпал етті. Басқа жабындармен салыстырғанда L1 жабынында W_2C фазасының жоғары қарқындылығын көруге болады. 300 мм бүрку арақашықтығында, бөлшектер мен тозаңдалатын беттің температурасы төмен болуы мүмкін, себебі, L2 жабынында WC-дің W_2C -ге дейін аз ыдырағандығы байқалды. 400 мм бүрку қашықтығында бөлшектер мен беттің температурасы жақын қашықтықтағыдай жоғары болмайды, алайда, бөлшектердің жалында болу уақытының ұлғаюына байланысты, олардың сууына және субстратпен әрекеттесуіне көбірек уақыт кетеді. Бұл WC-дің W_2C -ге дейін қайтадан қарқынды ыдырауына ықпал етуі мүмкін. 3 суреттен көріп отырғанымыздай, L3 жабынында W_2C фазасының қарқындылығы қайтадан жоғарылаған. CoO оксид фазасының түзілуі жоғары жылдамдықты газ жалынымен тозаңдану кезінде оттегі-пропан қоспасы тотықтырғыш газ жалын ортасы ретінде

пайдаланылғандығымен түсіндіріледі, бұл WC-нің оттегімен неғұрлым қарқынды әрекеттесуіне әкеледі. Нәтижесінде көміртектің ішінара жоғалуы пайда болады, сондықтан WC еруі нәтижесінде пайда болатын артық көміртек металл матрицасына таралады және басқа W_2C карбид түрі мен оксидті CoO фазасын түзеді. Осылайша, жабындарда W_2C фазасының пайда болуын WC ішінара көміртексізденуімен түсіндіруге болады. Бұл механизм вольфрам карбиді бар жабындар үшін кеңінен танымал, оны көптеген әдеби көздер растайды [4, 5].

Үлгілердің микроқаттылығын өлшеу MMT-X7B микроқаттылығында ($m=200$ г., 10 с экспозиция уақыты) жабындардың көлденең қимасы бойынша жүргізілді. Бұрку режиміне байланысты жабындардың микроқаттылығының орташа мәндері сәйкесінше L1, L2 және L3 үлгілері үшін $778HV_{0.2}$, $889HV_{0.2}$, $782HV_{0.2}$ құрады. Яғни, көміртексіздену дәрежесі неғұрлым жоғары болса (WC-тің W_2C -ге өтуі), қаттылық соғұрлым төмен болады.

Тозуға арналған трибологиялық сынақтар стандартты әдістемені қолдана отырып, "кері-алға қозғалыс" үйкеліс машинасында жүргізілді. Мұнда диаметрі 3,969 мм және қаттылығы $HV = 2800$ мм болатын SiC доб тәрізді контртела пайдаланылды, ал берілген жүктеме 20Н және сызықтық жылдамдық 5 мм с^{-1} , тозу жолының ұзындығы 3 мм, қозғалыс циклі 500 құрады [6]. 3а және 3б суреттерінде жабындардың үйкеліс коэффициентінің цикл санына тәуелділігі және тозу көлемінің сәйкесінше тоздандану қашықтығына тәуелділік графиктері көрсетілген.



Сурет 3 - Үйкеліс коэффициентінің цикл санына (а) және тозу көлемінің тоздандану қашықтығына (б) тәуелділігінің графиктері

Тоздандану қашықтығының ұлғаюымен $86WC-10Co-4Cr$ металл-керамикалық жабынның орташа үйкеліс коэффициенті мен тозу көлемі келесі мәндерді қабылдай отырып, секірмелі түрде өзгертіні анықталды: $\mu=0,23369$; $\mu=0,00562$; $\mu=0,00566$ және $V=0,00918 \text{ мм}^3$; $V=0,00373 \text{ мм}^3$; $V=0,00517 \text{ мм}^3$ сәйкесінше L1, L2 және L3 үлгілері үшін (3 а, б суреттері). 3б суреттен максималды тозуға төзімділік бұрку қашықтығы 300 мм болған кезде алынған жабынға, ал минимум - бұрку қашықтығы 200 мм болған кезде алынған жабынға тән екендігін көруге болады. 300 мм бұрку қашықтығында алынған жабынның

тозуға төзімділігінің жоғары болуы, үйкеліс коэффициентінің төмен болуы қатты және тұрақты WC түйіршіктернің жоғары көлемді үлесімен сипатталады. Алынған нәтижелер бойынша, тозуға төзімділік пен қаттылық көрсеткіштері жақсартылған, кеуектілігі төмен жабындарды алудың оңтайлы тозаңдау арақашықтығы 300 мм деп қорытынды жасауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Berger L.M. Application of hardmetals as thermal spray coatings. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2015. – Vol. 49. – p. 350-364.
2. Bergonzini, G. Bolelli, et al., Wear Behaviour of HVOF-Sprayed Nanostructured WC-Co-Cr Coatings, Proceedings of the International Thermal Spray Conference ITSC. – 2011. – p. 612-618.
3. Marina Magnania, Patrícia Hatsue Suegamaa, Abel André Cândido Reccob, Josep Maria Guilemanyc, Cecílio Sadao Fugivaraa, Assis Vicente Benedettia. (2007). WC-CoCr coatings sprayed by high velocity oxygen-fuel (HVOF) flame on AA7050 aluminum alloy: electrochemical behavior in 3.5% NaCl solution. *Materials Research*, 10(4).
4. Jonda E., Łatka L., Tomiczek A., Godzierz M., Pakieła W., Nuckowski P. (2022). Microstructure Investigation of WC-Based Coatings Prepared by HVOF onto AZ31 Substrate. *Materials*, 15, 40.
5. Masoumi H., Safavi S.M., Salehi M., Nahvi S.M. (2014). Effect of grinding on the residual stress and adhesion strength of HVOF thermally sprayed WC-10Co-4Cr coating. *Mater. Manuf. Process*, 29, 1139–1151.
6. K.M. Łęcka, A.J. Antończak, P. Kowalewski and M. Trzcinski. (2018). Wear resistance of laser-induced annealing of AISI 316 (EN 1.4401) stainless steel. *Laser Physics*, 28.

«КАЗЦИНК» ЖШС-ДЕГІ КӨЛІКТІК ЛОГИСТИКАСЫНЫҢ АЛАТЫН ОРНЫ

Аңдатпа. Бұл мақала заманауи нарық контекстіндегі кәсіпорындардағы көлік логистикасының рөлін зерттейді. Ол көлік операцияларын жоспарлаудың, ұйымдастырудың және басқарудың негізгі аспектілерін қарастырады, олардың бизнестің тиімді жұмыс істеуі үшін маңыздылығын көрсетеді. Көлік инфрақұрылымының логистикалық процестерге әсері талданады және осы процестерді оңтайландыру бойынша ұсыныстар ұсынылады. Мақала сонымен қатар кәсіпорындардағы көлік логистикасының рөлінің негізгі аспектілерін қорытындылайтын тұжырымдарды ұсынады.

Түйін сөздер: көлік логистикасы, кәсіпорындар, жоспарлау, ұйымдастыру, басқару, көлік операциялары, оңтайландыру.

Көлік логистикасы қазіргі нарық жағдайында кәсіпорындардың табысты жұмысының негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Ол өндіріс сәтінен бастап соңғы тұтынушыға жеткізуге дейінгі тауарлар қозғалысының барлық кезеңдерін жоспарлауды, басқаруды және бақылауды қамтиды. Кәсіпорындардағы көлік логистикасының орны бизнестің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуде және клиенттердің қажеттіліктерін қанағаттандыруда маңызды рөл атқарады.

Кәсіпорындардың көлік логистикасы бірқатар маңызды аспектілерді қамтиды:

- Көлік ағындарын жоспарлау: көлік ағындарын тиімді жоспарлау кәсіпорындарға ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және тасымалдау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Сұранысты талдау, тасымалдау көлемін болжау және оңтайлы маршруттарды таңдау осы саладағы негізгі міндеттер болып табылады;

- Көлік инфрақұрылымын ұйымдастыру: кәсіпорындар өз қажеттіліктеріне сәйкес келетін тиімді көлік инфрақұрылымын әзірлеп, қолдауы керек. Бұған қолайлы көліктерді таңдау, олардың техникалық жағдайын қамтамасыз ету, қоймалар мен терминалдарды басқару кіреді;

- Көлік операцияларын басқару: тиеу, тасымалдау және түсіру процестерін оңтайландыру сәтті көлік логистикасының негізгі элементі болып табылады. Ресурстарды тиімді пайдалану, жеткізу уақытын қысқарту және жүктердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету осы саладағы басымдықтар болып табылады;

- Мониторинг және бақылау: мониторинг және бақылау жүйелері кәсіпорындарға нақты уақыт режимінде жүктердің қозғалысын бақылауға, тәуекелдерді басқаруға және туындаған мәселелерге жауап беруге мүмкіндік береді. Бұған көлік құралдарының жай-күйін бақылау, тізімделген және оңай бұзылатын тауарларды тасымалдау кезінде температура режимін бақылау және барлық қажетті нормалар мен стандарттардың сақталуын қамтамасыз ету кіреді.

Бұл талдауды «Казцинк» ЖШС мысалында қарастырайық.

«Казцинк» ЖШС - әлемдегі ең ірі интеграцияланған мырыш

өндірушілердің бірі. Компанияда өндіріс орындары, қоймалар, клиенттер мен жеткізушілер арасында шикізатты, материалдарды, дайын өнімді және басқа жүктерді жеткізуді қамтамасыз ететін күрделі логистикалық жүйе бар.

«Казцинк» ЖШС-ның тасымалдау процесіне жедел басшылық жасау жүктерді тасымалдау операцияларын үйлестіруді және бақылауды қамтиды. Тасымалдау үрдісін жедел басқарудың негізгі аспектілері:

а) Тасымалдауды жоспарлау:

- Тапсырыстар мен жеткізу кестелеріне негізделген көлік қажеттіліктерін анықтау.

- Тиімділік пен мерзімдердің сақталуын ескере отырып, жеткізудің оңтайлы маршруттары мен кестелерін әзірлеу.

- Жүктердің ерекшеліктерін (түрі, мөлшері, салмағы) және оларды тасымалдауға қойылатын талаптарды (арнайы жабдық, температуралық жағдайлар және т.б.) есепке алу.

б) Тасымалдаудың орындалуын ұйымдастыру және бақылау:

- Тасымалдау үшін қолайлы көлікті жеткізушілермен немесе тасымалдаушылармен таңдау және келісу.

- Тиеуді ұйымдастыру, жүктерді бекіту және тасымалдау кезінде олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

- Жеткізу кестесінің орындалуын бақылау, жол мен көлік күйін қадағалау.

в) Байланыс және келісу:

- Ақпаратты үйлестіру және бөлісу үшін тасымалдаушылармен, мердігерлермен, жүргізушілермен және процестің басқа қатысушыларымен байланыс.

- Клиенттерді жеткізу мәртебесі, кестедегі өзгерістер және басқа да оқиғалар туралы уақтылы және дәл хабардар етуді қамтамасыз ету.

г) Мәселелерді шешу және ерекше жағдайларды басқару:

- Кідірістер, апаттар немесе тұтынушылардың талаптарының өзгеруі сияқты күтпеген жағдайларға жылдам әрекет ету.

Мәселелік жағдайлардың жүкті тасымалдауға және жеткізуге әсерін азайту үшін шаралар қабылдау.

- Қажет болған жағдайда балама маршруттарды немесе тасымалдау режимдерін есептеу.

д) Өнімділікті бағалау және талдау:

- Жеткізу мерзімдерін, ресурстарды пайдалануды, қызмет көрсету сапасын және т. б. қоса алғанда, тасымалдау өнімділігі туралы деректерді жинау және талдау.

- Жақсарту бағыттарын анықтау, тасымалдау операцияларының тиімділігін арттыру және оңтайландыру үшін іс-шараларды әзірлеу және енгізу.



1 – сурет. «Казцинк» ЖШС-дегі көліктік логистикасының алатын орны

"Казцинк" ЖШС-дегі көліктік логистиканың функциялары:

- Жоспарлау: жеткізудің оңтайлы бағыттарын анықтау, көлік түрін таңдау, қажетті ресурстарды есептеу.
- Ұйымдастыру: тасымалдаушылармен шарттар жасасу, құжаттарды ресімдеу, жеткізу мерзімдерінің сақталуын бақылау.
- Іске асыру: жүк тасымалын басқару, жүктерді қадағалау, проблемалық жағдайларды шешу.
- Бақылау: көлік логистикасының тиімділік көрсеткіштерін талдау, оңтайландыру жолдарын іздеу.

Көлік логистикасының әсері:

- Өнімнің өзіндік құнына: маршруттарды оңтайландыру, көлік түрін таңдау және т. б. есебінен тасымалдау шығындарын азайту.
- Тұтынушыларға қызмет көрсету сапасына: тауарларды жеткізу жылдамдығы мен сенімділігін арттыру.
- Кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігіне: төмен бағалар мен қызмет көрсетудің жоғары деңгейін ұсыну мүмкіндігі.

"Казцинк" ЖШС-дегі көлік логистикасының ерекшеліктері:

- Ұзақ қашықтық: Компанияның кәсіпорындары Қазақстанның әртүрлі аймақтарында орналасқан, бұл тасымалдау шығындарын арттырады.
- Жүктердің әртүрлілігі: компания шикізат пен материалдардан бастап дайын өнімге дейін әртүрлі жүктерді тасымалдайды, бұл әртүрлі көлік түрлерін пайдалануды талап етеді.

- Кедендік рәсімдердің күрделілігі: компания экспорттық-импорттық операцияларды жүзеге асырады, бұл кедендік ережелерді мұқият сақтауды талап етеді.

«Казцинк» ЖШС-нің көліктік логистика саласындағы шешімдер:

- Заманауи ақпараттық технологияларды қолдану: компания қоймаларды басқару жүйелерін, көліктік телематикалық жүйелерді, жеткізу тізбегін басқару жүйелерін пайдаланады.

- Маршрутты оңтайландыру: компания оңтайлы жеткізу маршруттарын есептеу үшін арнайы бағдарламалық жасақтаманы пайдаланады.

- Аутсорсинг: компания Көлік логистикасы функцияларының бір бөлігін мамандандырылған компанияларға береді.

- Басқа кәсіпорындармен ынтымақтастық: компания ресурстарды бөлісу үшін логистикалық альянстарға қатысады.

«Казцинк» ЖШС-нің көліктік логистиканы дамыту перспективалары:

- Ақпараттық технологияларды дамыту: заттар интернетін пайдалану, Big Data, жасанды интеллект және т. б.

- Автоматтандыру: пилотсыз Көлік құралдарын, автоматтандырылған қоймаларды және т. б. енгізу.

- Тұрақты даму: экологиялық таза көлік түрлерін пайдалану, тауарларды орауды оңтайландыру және т. б.

«Казцинк» ЖШС кәсіпорынның логистика қағидаттары жеткізуді ұйымдастырумен, қойма операцияларын басқарумен, тасымалдаумен және жеткізу тізбегін басқарумен байланысты кәсіпорынның әртүрлі бөлімшелерінде қолданылады.

Сатып алу және жабдықтау бөлімі:

- Логистикалық принциптерді сатып алу процестерін оңтайландыру, тауарлы-материалдық құндылықтарды жоспарлау, оңтайлы жеткізушілерді анықтау және тәуекелдерді басқару үшін пайдалануға болады.

- Сұранысты талдау, қажеттіліктерді болжау, жеткізілімдерді басқару және материалдар мен компоненттердің сапасын бақылау қолданылуы мүмкін.

Қойма бөлімі:

- Логистикалық принциптер қойманың жұмысын оңтайландыру, кеңістікті тиімді пайдалану, тауарлы-материалдық құндылықтарды басқару, тауарларды сұрыптау және жинақтау үшін қолданылады.

- Түгендеу әдістері, бухгалтерлік есеп жүйелері, қойма операцияларын жоспарлау мен ұйымдастыруды оңтайландыру қолданылуы мүмкін.

Көлік бөлімшесі:

- Логистикалық принциптер көлік операцияларын жоспарлау және үйлестіру, маршруттау, көліктің оңтайлы түрлерін таңдау және тасымалдау шығындарын оңтайландыру үшін қолданылады.

- Жүктерді қадағалау, тасымалдаушылармен жұмысты үйлестіру, жеткізуді ұйымдастыру және қызмет көрсету сапасын бақылау қолданылуы мүмкін.

Жеткізу тізбегін басқару өзіне логистикалық қағидаларды жоспарлау,

сатып алу, өндіріс, логистика және бөлуді қоса алғанда, бүкіл жеткізу тізбегін басқару үшін және серіктестермен ынтымақтастық, синхрондау үрдістерін оңтайландыру, тәуекелдерді басқару және үздіксіз жетілдіруде қолданылуы мүмкін.

Осылайша, біз «Казцинк» ЖШС-нің мысалында кәсіпорындағы көліктің логистикасының алатын орны өте маңызды екеніне көз жеткіздік. Көлік логистикасы бүгінгі таңда ерекше қарқынмен дамып келе жататын сала және онымен әрекеттесу нарықтағы барлық кәсіпорындарға тиімді.

Қорытындылай келе, Көлік логистикасы кәсіпорындарда олардың тиімді жұмыс істеуін және тұтынушылардың қажеттіліктерін қанағаттандыруды қамтамасыз ететін шешуші рөл атқарады.

Көлік операцияларын дұрыс жоспарлау, ұйымдастыру және бақылау бизнестің табысты жұмысының қажетті элементтері болып табылады. Заманауи технологиялар мен талдау әдістерін дамыту көлік логистикасын тиімдірек және нарықтың тез өзгеретін жағдайларына бейімдеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. «Управление цепями поставок: стратегия, планирование и эксплуатация.» - С. Чопра, П.Майндл, 2016.
2. 2.Гаджинский А.М. Практикум по логистике. – М.: ИТК “Дашков и К”, 2008.
3. <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-i-rol-transportnoy-logistiki-v-obschey-logisticheskoy-sisteme>
4. <https://www.kazzinc.com/rus>
5. <https://www.kazzinc.com/rus/o-proizvodstve/predpriyatiya/kazcink-trans>
6. <https://up-pro.ru/encyclopedia/transportnaya-logistika/>
7. <https://sitec-it.ru/blog/v-pomoshch-biznesu/vazhnost-transportnoy-logistiki-v-sovremennom-mire-i-tendentsii-ee-razvitiya/>

УДК 519.677

Омаров М.М., Ревин А.А., Төлеубаев Ә.Ө. (21-МК-1), Рахметуллина Ж.Т. (к.ф.- м.н, ВКТУ), Мухамедова Р.О. (старший преподаватель, ВКТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

Аннотация: В работе рассматривается прикладная направленность обучения математике через применение дифференциальных уравнений. На примере определения температурного распределения в шаровой оболочке исследуются аналитическое и численное решения задачи с использованием MATLAB. Результаты подчеркивают важность математических концепций в инженерных и научных приложениях.

Ключевые слова: обыкновенные дифференциальные уравнения, прикладные задачи, Matlab.

Прикладная и практическая направленность обучения математике имеет важное значение, поскольку она обеспечивает студентов конкретными примерами использования математических концепций в реальных ситуациях. Одним из основных средств реализации этой направленности являются задачи с практическим содержанием, которые стимулируют интерес студентов и помогают им лучше понять математические концепции.

При изучении дифференциальных уравнений, например, демонстрация их применения в различных областях науки и техники может значительно повысить мотивацию студентов к изучению данного раздела математики. Дифференциальные уравнения широко используются для моделирования реальных систем, таких как физические, экономические системы.

Умение решать дифференциальные уравнения играет важную роль в формировании математического кругозора студентов и в построении фундамента для прикладных задач. Теория дифференциальных уравнений открывает большие возможности для описания процессов, происходящих в природе и обществе.

В прикладных задачах, где требуется решение сложных и нелинейных систем уравнений, методы численного решения дифференциальных уравнений находят широкое применение. Система MATLAB представляет собой эффективное средство для численного моделирования и решения таких задач благодаря богатым возможностям численного.

Помимо численного решения дифференциальных уравнений, система MATLAB также предоставляет возможности для символьного анализа, что позволяет студентам и исследователям проводить аналитические вычисления и алгебраические манипуляции с символами.

Кроме того, MATLAB обладает мощными инструментами для визуализации данных, что делает его полезным инструментом для иллюстрации результатов численных и аналитических расчетов. Графическое представление решений дифференциальных уравнений и результатов исследований позволяет студентам лучше понимать и интерпретировать результаты, а также делиться ими с другими.

Приведем пример решения прикладной задачи с помощью дифференциальных уравнений.

Задача: Стальная шаровая оболочка, внутренний радиус которой 6 см и внешний 10 см, находится в стационарном тепловом состоянии. Температура ее внутренней поверхности 200°C , а внешней 20°C (рис. 1). Найти температуру на расстоянии r от центра и количество теплоты, которое в 1 сек шар отдает наружу (коэффициент теплопроводности стали $k=0,14$) [1].

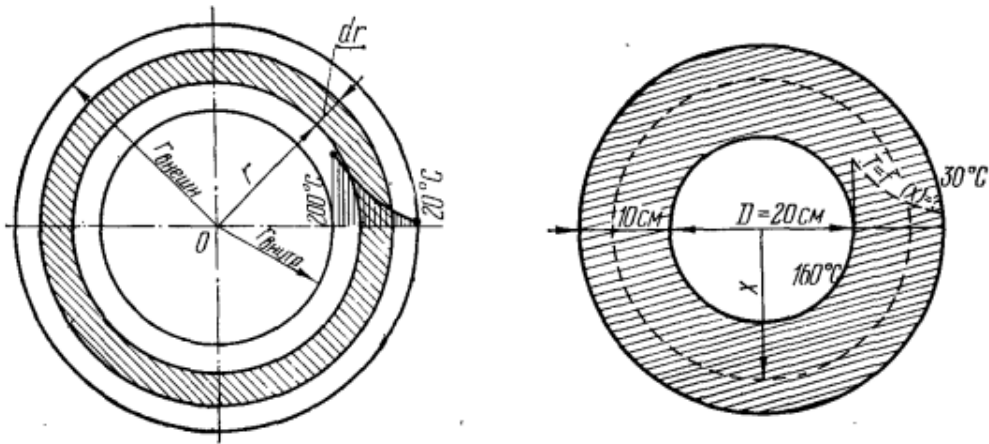


Рисунок 1- Графическое изображение условия задачи

Решение. Благодаря симметрии можно считать, что теплота в шаре распространяется радиально. На расстоянии r от центра площадь, через которую протекает теплота, равна площади поверхности шара: $F=4\pi r^2$.

Ввиду того что между отдельными сферическими поверхностями количество теплоты остается неизменным, через любые поверхности протекает одно и то же количество теплоты по закону теплопроводности Фурье. Скорость, с которой теплота распространяется через площадку F , равна

$$Q = -kF \frac{dT}{dr} \quad (1)$$

где T — температура тела, k — коэффициент теплопроводности вещества. Уравнение (1) принимает вид

$$-4\pi k r^2 \frac{dT}{dr} = Q = \text{const}$$

Разделяя переменные и интегрируя, получаем общее решение

$$4\pi k T = \frac{Q}{r} + C \quad (2)$$

Для отыскания частного решения подставляем начальные условия $T=20$, при $r=10$, и $T=200$, при $r=6$, в уравнение (2) и определяем величины C и Q :

$$\frac{800}{10}\pi k = Q + C, \quad \frac{800}{6}\pi k = Q + C$$

Отсюда

$$C = -1000\pi k \quad \text{и} \quad Q = 10 \cdot 800\pi k$$

Таким образом, искомая температура $T = \frac{2700}{r} - 250$

а количество теплоты, отдаваемое шаром в течение 1 сек,
 $Q = 10 \cdot 800\pi k = 4750 \text{ кал}$

Решение системы дифференциальных уравнений (2) в среде MatLab (рис 2):

```
% Заданные значения
r1 = 6; % внутренний радиус оболочки в см
d = 10; % толщина оболочки в см
T1 = 200; % температура внутренней поверхности оболочки в градусах Цельсия
T2 = 20; % температура внешней поверхности оболочки в градусах Цельсия
k = 0.14; % коэффициент теплопроводности стали
% Находим внешний радиус оболочки
r2 = r1 + d;
% Начальные и конечные значения для нахождения констант
r_initial = r1; % начальное значение радиуса
r_final = r2; % конечное значение радиуса
% Начальные и конечные температуры для нахождения констант
T_initial = T1; % температура на внутренней поверхности
T_final = T2; % температура на внешней поверхности
% Находим константы C и Q
C = -1000 * pi * k;
Q = 10800 * pi * k;
% Решение дифференциального уравнения
dT/dr = - Q / (4 * pi * k * r^2)
% Получаем уравнение в виде:
dT = - Q / (4 * pi * k * r^2) * dr
% Создаем массив для хранения значений температуры на разных расстояниях
r_values = linspace(r_initial, r_final, 100); % генерируем 100 равномерно
распределенных значений радиуса
```

Рисунок 2 - Код программы (начало)


```

T_values = zeros(size(r_values)); % массив для хранения значений температуры
% Вычисляем температуру на каждом расстоянии от центра оболочки
for i = 1:length(r_values)
    r = r_values(i);
    % Используем уравнение  $T = 2700 - 250r$ 
    T_values(i) = 2700 - 250 * r;
End

% Вычисляем количество теплоты, отдаваемое оболочкой в течение 1 секунды
Q_total = Q; % общее количество теплоты, которое оболочка отдает парящей среде за
1 секунду

% Вывод результатов
disp('Температура на разных расстояниях от центра оболочки:');
disp('Расстояние (см)    Температура (°C)');
for i = 1:length(r_values)
    disp([num2str(r_values(i)) ' ' num2str(T_values(i))]);
end
disp(['Количество теплоты, отдаваемое оболочкой за 1 секунду: ' num2str(Q_total) '
ккал']);
% Построение графика
plot(r_values, T_values, 'LineWidth', 2);
hold on;

% Добавление меток и заголовка
xlabel('Расстояние от центра оболочки (см)');
ylabel('Температура (°C)');
title('Распределение температуры в оболочке');

% Добавление горизонтальной линии для температуры на внешней поверхности
yline(T2, '--', 'Color', 'r', 'LineWidth', 1.5);
text(r_final, T2, ['T_2 = ' num2str(T2) '°C'], 'VerticalAlignment', 'bottom',
'HorizontalAlignment', 'right');

% Добавление горизонтальной линии для температуры на внутренней поверхности
yline(T1, '--', 'Color', 'b', 'LineWidth', 1.5);
text(r_initial, T1, ['T_1 = ' num2str(T1) '°C'], 'VerticalAlignment', 'top',
'HorizontalAlignment', 'left');

% Добавление легенды
legend('Распределение температуры', 'T_2', 'T_1', 'Location', 'best');
grid on;
hold off;

```

Рисунок 2 - Код программы (продолжение)

На рисунке 3 показан результат решения и его график полученный в среде MatLab.

Ответ:

Температура на разных расстояниях от центра оболочки:

Расстояние (см)	Температура (°C)
6	1200
6.101	1174.7475
6.202	1149.4949
6.303	1124.2424
6.404	1098.9899
6.5051	1073.7374

Количество теплоты, отдаваемое оболочкой за 1 секунду: 4750.0881 ккал

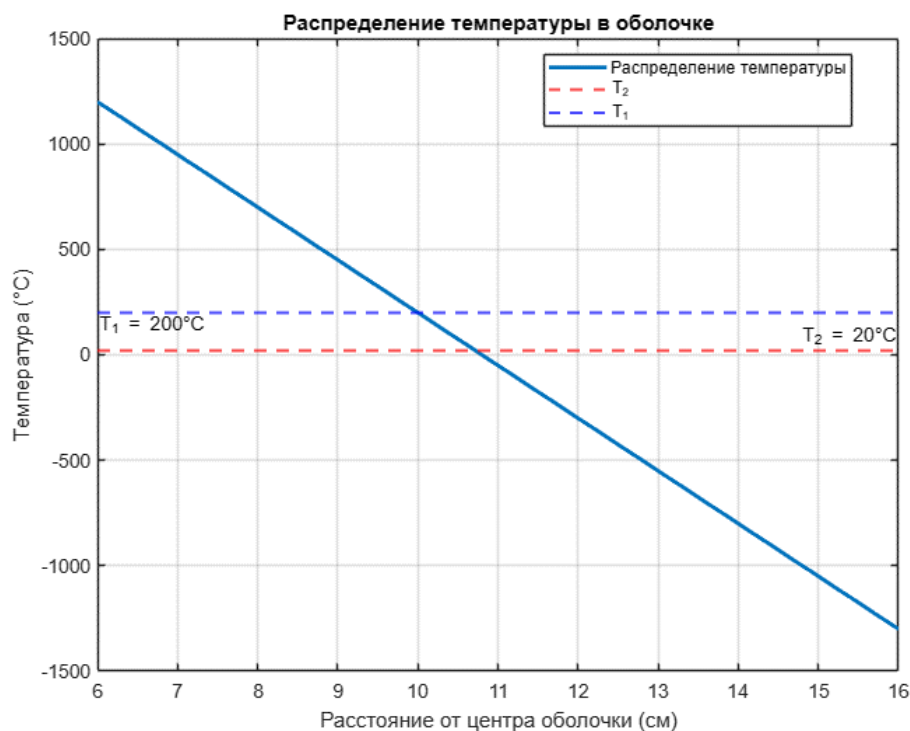


Рисунок 3 – Результат реализации программы

В результате реализации этой программы получаем решение поставленной задачи. Как мы видим из этого конкретного примера, что роль дифференциальных уравнений в решении прикладных задач неоценима и каждому будущему инженеру важно знать способы составления и методы решения дифференциальных уравнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. К.К. Пономарев. Составление дифференциальных уравнений. 1973 г.

ТҰРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЖИНАУ ЖӘНЕ ТАСЫМАЛДАУ ҮРДІСІНІҢ КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕРІ

***Аңдатпа.** Мақалада қалалық жағдайларда тұрмыстық қатты қалдықтарды жинау және тасымалдау үрдісінің кейбір мәселелері қарастырылған. Зерттеу жұмысы аясында тұрмыстық қалдықтарды жинап, тасымалдаудың түрлері мен ол үшін қолданылатын техникалық құрылғылар жайлы мәлімет берілген. Сондай-ақ, біздің еліміздегі, оның ішінде Өскемен қаласындағы тұрмыстық қатты қалдықтар мәселесінің қазіргі жағдайына қатысты мәліметтер қарастырылды. Кейбір елдердегі тұрмыстық қалдықтарды тасымалдаудың қазіргі кездегі жолға қойылған түрлері мен ондағы мәселелер қарастырылды. Көліктік шығындарды азайту мақсатында тұрмыстық қатты қалдықтарды тасымалдау үрдісі кезінде жасанды интеллектті пайдалану, интеллектуалды көлік жүйелерін енгізу жайлы қысқаша ақпарат берілді.*

***Түйін сөздер:** тұрмыстық қатты қалдықтар, көлік, тасымалдау, шығын, контейнер, қоқыс.*

Тұрмыстық қатты қалдықтар - пайдалану барысында өзінің тұтынушылық құндылығын жоғалтқан заттар мен материалдар. Оларға тұрмыстық қалдықтар, құрылыс материалдары, тамақ өнімдерінің қалдықтары жатады [1, п. 8].

Тұрмыстық қалдықтарды тасымалдау мәселесі бүкіл әлемде ешқашан өзектілігін жоғалтқан емес. Себебі жер бетінде адамдар барда, бұл нәрсенің де болуы заңдылық.

Қалдықтарды басқару - қалдықтарды жинау, тасымалдау, өңдеу, кәдеге жарату жөніндегі қызмет.

Қалдықтарды жинау – қалдықтарды өңдеу бойынша жұмыстарды қамтамасыз ету мақсатында қалдықтарды олардың пайда болған орындарынан белгілі бір уақытқа шығарумен байланысты қызмет.

Қатты тұрмыстық қалдықтарды тасымалдауды басқару – қалдықтарды олардың пайда болған және жинақталған жері мен оны қайта өңдеу, көму, жою орындары немесе объектілері арасында тасымалдау

Қатты тұрмыстық қалдықтарды шығару – қалдықтарды жинайтын жерден полигонға тасымалдау үрдісі. Қалдықтарды шығарудың екі түрлі жүйесі қолданылады. Атап айтатын болсақ, тікелей және екі кезеңді қалдықтарды жинау жүйелері.

Қалдықтарды тікелей шығару жүйесі қазіргі таңда ең көп таралған жүйе болып табылады. Бұл жүйеде қоқыс тасушы көлік қалдықтарды контейнерлерден жинап алып, бірден полигонға тасымалдайды. Тікелей шығару жүйесінің кемшіліктері де жоқ емес. Соның бірі – бос жүрістің көптігі. Қоқыс тасушы көлік қалдықтарды көму, өртеу орнына (полигон) тасымалдаған соң, өзінің бастапқы шыққан орнына бос жүріс жасап барады. Сәйкесінше, жүрістердің көптігінен бұл технологияның тиімділігі әдеуір төмендейді.

Тұрмыстық қатты қалдықтарды тікелей шығару әдісі қалдықтарды көму

объектісі, яғни полигон 15 км-ге дейінгі қашықтықта орналасқан кезде қолданылады. Бұл жүйеде қолданылатын қоқыс жинайтын көліктердің шаңағы шағын болып келеді, ол 12-18 текше метрге (куб/м) дейін жетеді.

Тұрмыстық қатты қалдықтарды тікелей шығару үшін арнайы жабдықты пайдалану барысында келесі факторлар ескерілуі керек:

- жол төсеміне түсетін ауырлық жүктеменің рұқсат етілген нормалары;
- арнайы техниканың объектілерге кіруі және бұрыла алу мүмкіндігі үшін айналым алаңдарының болуы;
- қалдықтардың көлемі және оның сапасы.

Тұрмыстық қалдықтарды тікелей шығару кезінде пайдаланылатын қоқыс таситын көліктерді пайдаланудың басты артықшылығы қоқыстардың тығыздалу коэффициентінің жоғары болуы болып табылады. Бұл тасымалдау кезінде уақыт пен жанармайды үнемдейді, сонымен қатар арнайы техникалар паркін қысқартуға мүмкіндік береді. Артқы жағына тиейтін қоқыс таситын көліктер қоқыстардың контейнерден төгілуіне жол бермейтіндіктен, экологиялық жағынан тиімдірек болып келеді.

Шалғай жерлерде кәдеге жаратуды ұйымдастыру жеңіл жүк көліктерінің өнімділігін күрт төмендетеді, нәтижесінде қоқыс тасымалдау құнының айтарлықтай өсуіне әкеледі. Үй шаруашылықтарының аумағындағы қоқыстарды кейіннен кәдеге жарату орындарына тасымалдау үшін үлкен сыйымдылықтағы қоқыс таситын көліктерге қайта тией отырып, шағын маневрлі көліктермен жинау орынды.

Қоқысты екі кезеңдік жинау жүйесі қалдықтарды 17-20 км-ден астам қашықтыққа тасымалдауға қолайлы. Біріншіден, шикізат шағын габаритті арнайы техниканың көмегімен қалдықтарды қайта тиеу станциясына жеткізіледі, ал қалдықтарды тасымалдау станциясынан тиеу 20-30 текше метрге (куб/м) дейінгі контейнерлері бар арнайы көліктермен жүзеге асырылады.

Жүккөтергіштік қабілеті жоғары арнайы техниканы таңдағанда, машинаның ұзындығына, биіктігіне, еніне және оның айналу радиусына назар аудару керек. [2]

Екі сатылы тасымалдаудың негізгі артықшылығы қалдықтарды қайта тиеу станциялары мен аралық жинау пункттерін пайдалану болып табылады.

Қоқыс жиналғаннан кейін шағын габаритті қоқыс машинасы тығыздағыш компакторға жөнелтіледі. Тығыздағыштың пресс камерасына қалдықтарды түсіреді. Тығыздағыш циклдік режимде қалдықты (қоқысты) шамамен 5 есеге дейін тығыздайды. Компактор толығымен толған кезде, қалдықтар арнайы көму немесе қайта өңдеу орнына жөнелтіледі. Осы ретте қалдықтарды тығыздаудың себебі тасымалдау шығындарын азайту болып табылады.

Тығыздағыш компакторлердің жылжымалы және шнекті тығыздағышпен стационарлық түрлері болады. Тығыздағыштар (пресс-контейнерлер) оңай майысып, пішінін өзгерте алатын қатты тұрмыстық қалдықтарды жинауға арналған. Тығыздағыштар жақсы кіру жолдары бар ашық жерлерде орнатылады.

Тығыздағыштарды пайдаланған кезде олардың жүк көлігіне қалай жүктелетінін де ескеру қажет. Шағын көлемді (12 текше метрге дейін) жылжымалы тығыздағыштардың кейбір үлгілері рамалық тиеу механизмімен

жабдықталған жүк көлігіне тиеуге бейімделген. Ірі жылжымалы тығыздағыштар мен стационарлық тығыздағыштардың бункерлері «мультилифт» ілмекті тиеу жүйесімен жабдықталған жүк көліктерімен тасымалдауға бейімделген. [3]

Мамандардың пікіріне сүйенсек, біздің елімізде күніне 13 мың тонна, жылына 5 млн тонна қоқыс шығарылады. Демек, бір адам жылына 300-450 келі қоқыс шығарады. Ал қатты тұрмыстық қалдықтардың тек 57%-ы ғана өңделіп, бөлініп, іріктеледі. Сарапшылардың айтуынша, тұтыну көрсеткіші көбейген сайын қоқыс көлемі де арта түспек. Бүгінде Қазақстандағы қоқысты қайта өңдеу нарығының көлемі 40 млрд теңгеге бағаланып отыр.

Өскемен қаласында қатты тұрмыстық қалдықтарды шығарумен және тасымалдаумен бірнеше кәсіпорындар айналысады. Олардың барлығы дерлік жеке меншік мекемелер болып табылады. Атап айтатын болсақ, «Өскеменспецкоммунтранс» ЖШС, «Өскемен-Тазалық» ЖШС, ИП Синицына Т.Н қоқыс шығару компаниясы, ИСТ компаниясы, ШығысЭкоТранс, ИП Амирхан, ИП Епишев П.Ю сынды кәсіпорындар қызмет атқаруда.

Қарап отырсақ, бұл кәсіпорындардың көбісі кішігірім болып келеді. Яғни, олардың жұмысы тапсырыс арқылы белгілі бір жерден қалдықтарды шығарумен ғана айналысуы мүмкін. Қаладағы осы бағытта жұмыс істейтін, қызметтері қатты тұрмыстық қалдықтарды тасымалдауды басқаруға ғана маманданған мекемелер көп емес.

Өскемен қаласында қатты тұрмыстық қалдықтарды тасымалдауды басқару саласына көптеп көңіл бөлінуі керек. Қала халқы қазіргі таңда 400 мыңға жуық адамды құрайды. Жылдан жылға халық саны көбейген сайын, тұрғын үй құрылыстары да көптеп салынуда. Сәйкесінше бұл қатты тұрмыстық қалдықтар көлемінің де өсетінін айқындайды. Өскемен қаласы өнеркәсіптік, өндірістік қала. Бірнеше ірі зауыт-фабрикалар іске қосылған. Олардан шығатын өндірістік қалдықтар өз кезегінде қаланың ауасының ластануына әкеледі. Өскемен қаласының экологиясы өзекті мәселелердің бірі. Сондықтан қатты тұрмыстық қалдықтарды тасымалдауды басқару үрдісіне аса назар аударып, көңіл бөлініп, осыған қатысты кез келген қызмет мұқият әрі тиянақты атқарылуы керек.

Өзге елдердегі тұрмыстық қатты қалдықтарды тасымалдау мәселелерін қарастырайық.

Ресейде жыл сайын шамамен 6,2 млрд тонна қалдықтар шығарылады. Қатты тұрмыстық қалдықтардың мөлшері 63 млн тонна/жыл (адам басына орташа есеппен 445 кг). Қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамы: қағаз және картон – 35%, тамақ қалдықтары – 41%, пластмасса – 3%, шыны – 8%, металдар – 4%, тоқыма және басқалары – 9%. Орташа алғанда, қалдықтардың 10% - 15% қайта өңделеді. Қатты тұрмыстық қалдықтар тек 3-4%-ға, өнеркәсіптік қалдықтар 35%-ға ғана қайта өңделеді. Негізінен, қоқыс полигондарға апарылады – Ресейде олардың 11 мыңға жуығы бар. Онда шамамен 82 миллиард тонна қалдықтар көмілген.

Ресей астанасы Мәскеудегі қатты тұрмыстық қалдықтарға байланысты негізгі мәселе - қолданыстағы полигондардың толып кетуі, олардың көпшілігінде қалдықтарға орын мүлдем жоқ. Орташа алғанда, Ресей Федерациясының әрбір тұрғыны жылына кемінде 15 тонна әртүрлі қатты

қалдықтарды шығарады. Оларды кәдеге жарату деңгейінің төмендігін ескере отырып, қалдықтардың жинақталуының көлемі үнемі өсіп отырады, бұл экологиялық және санитарлық-эпидемиологиялық жағдайдың нашарлауына, әсіресе ірі қалалар мен астаналық аудандарда, полигондарды орналастыруға арналған аумақтарды алып тастауға әкеледі. Рұқсат етілмеген үйінділер санының артуы, қалдықтарды тасымалдауға байланысты шығындардың артуы, полигондар мен полигондарды күтіп ұстау мәселелері де өзекті болып табылады.

Қазіргі уақытта Ресей Федерациясында өндіріс және тұтыну қалдықтарын басқару проблемасы барған сайын күрделене түсуде. Бұл мәселе бір мезгілде бірнеше аспектілерді қамтиды: экологиялық, экономикалық, әлеуметтік.

Америка Құрама Штаттарында жыл сайын шамамен 230 млн тонна қалдықтар шығарылады, ол бір адамға орташа есеппен 760 кг құрайды. Шамамен 30% қайта өңделеді, 15% өртеледі және 55% көміледі. Қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамы: қағаз және картон – 37%, тамақ қалдықтары – 24%, пластмасса – 11%, шыны – 5%, металдар – 8%, тоқыма және басқалары – 15% құрайды [4, п. 124].

Англияда, Германияда, АҚШ-та және басқа елдерде – қалдықтарды қайта тиеуге арналған станциялар мен үлкен сыйымдылықтағы қоқыс шығаратын көліктер кеңінен қолданылады.

Дамыған елдердің ірі қалаларында қатты тұрмыстық қалдықтарды жинау жүйесі қалдықтарды бөлек жинауға негізделген. Орам материалдарын, қағаз бен картонды, пластмассаларды, органикалық қалдықтарды бөлек жинауға ерекше назар аударылады, бұл жойылатын және полигондарға шығарылатын қалдықтардың мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде тұрмыстық қатты қалдықтарды жинау және тасымалдау үрдісін оңтайландыруға жасанды интеллекттің де әсері көп.

Әлемдік тәжірибе туралы айтатын болсақ, тұрмыстық қалдықтарды жинау үшін қазіргі кезде ақылды контейнерлер, қоқыс жинағыштар мен қоқыс таситын көліктер кеңінен қолданылады. Нью-Йоркте кіріктірілген пресспен жабдықталған қоқыс жәшіктері кең тараған. Оларды қуаттандыру үшін күн энергиясы қолданылады. Ал арнайы сенсорлар контейнер толығымен толып кеткені және оны алып кету керектігі туралы ақпаратты коммуналдық қызметтерге жібереді. Бұл жүйе қалдықтарды жинау шығындарын 40%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Осыған ұқсас жүйелер Германияда да қолданылады. Контейнердің үштен екі бөлігі толған кезде сары шам жанады, ал контейнер 90% толған бойда қызыл шам жанып, диспетчерлік пунктке хабарлама жіберіледі.

Ресейде де қалдықтарды жинауды бақылау үшін цифрлық технологиялар қолданылады. «Микрон» компаниясы қоқыс контейнерлерінің толықтығын бақылайтын сымсыз оптикалық құрылғы жасап шығарған. Құрылғы резервуарлардағы қалдықтардың деңгейін қашықтан бақылауға және қалдықтарды шығару және тасымалдау үрдісін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Резервуарлардың 30%-дан астам бөлігі толған кезде деректер бақылаушыға және қалдықтарды шығаруға жауапты аймақтық операторға жіберіледі. Бұл қоқыс таситын көліктердің жұмыс уақытын, жанармайға кететін шығынды айтарлықтай

үнемдейді және қоқыс шығару үрдісін толық бақылауда ұстайды [5].

Зерттеу жұмысы аясында қалалық жағдайларда тұрмыстық қатты қалдықтарды жинау және тасымалдау үрдісін жетілдіру мақсатында, қазіргі кездегі басқа елдерде жолға қойылған жүйелері мен тәсілдері, кейбір мәселелері қарастырылды.

Қорытындылай келе, Өскемен қаласында тұрмыстық қалдықтарды тасымалдау үрдісінің тиімділігін арттырып, көлік шығындарын қысқартудың нақты жолдарының бірі – жасанды интеллект технологиясы бойынша, автопилоттық қозғалыс жүйесіне негізделген «Intelligent connected vehicles» роботтық-мобильдік платформаның көмегімен тасымалдау бағдарларының сұлбасын сызып, көлік жүрістерін азайтып, тасымалдау шығындарын үнемдеу. Сонымен қатар, қалдықтарды қайта тиеу станциясының негізінде қалдықтарды шығарудың екі кезеңдік жүйесін енгізу. Тұрмыстық қатты қалдықтарды жинап, тасымалдаудың екі кезеңді жүйесін енгізу арқылы көлік шығындарын 30%-ға қысқартуға болады. Бұл іс-шара математикалық модельдеу әдісінің көмегімен жүзеге асады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Коробко В. И., Бычкова В. А. Твёрдые бытовые отходы. Экономика. Экология. Предпринимательство. — М.: ЮНИТИ, 2012. — 131 с.
2. Система вывоза твердых бытовых отходов - <https://netmus.ru/press-center/articles/sistema-vyvoza-tverdyh-bytovyh-othodov/>
3. Организация сбора твердых бытовых отходов на территории спортивных сооружений - <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=139>
4. Де Сильги К. История мусора: от средних веков до наших дней = Histoire des hommes et de leurs ordures, du moyen-âge à nos jours / Пер. с фр. И. Васюченко, Г. Зингера. — М.: Текст, 2011. — 288 с.
5. Бытовым отходам нужен искусственный интеллект (статья) - <https://telecomdaily.ru/news/2022/08/18/bytovym-othodam-nuzhen-iskusstvennyy-intellekt> (25.02.2024)

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ГАЗОВИХРЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА

Аннотация. В статье представлен обзор современных технологических решений по улучшению системы газовихревой стабилизации электродуговых плазмотронов для резки металла. При разработке плазмотронов для воздушно-плазменной резки металлов, основные критерии эффективности обычно включают производительность, качество реза и надежность работы плазменного оборудования. Высокие показатели этих параметров в значительной степени зависят от эффективности системы газодинамической стабилизации, которая определяет высокую степень тепловой и кинетической активности плазменной дуги. Проанализировав конструкции и основные недостатки современных плазмотронов, мы предложили свою конструкцию фторопластового завихрителя.

Ключевые слова: плазмотрон, плазменная резка, стабилизация потока, завихритель, плазменная струя.

Широкий спектр применения плазменных установок требует индивидуального проектирования плазмотронов, соответствующих особенностям каждой технологии [1–3]. Современные плазмотроны способны работать с различными уровнями энергопотребления, начиная от единиц и до сотен мегаватт [4]. Они обеспечивают преобразование электрической энергии в тепловую и кинетическую с разным термическим коэффициентом полезного действия, что позволяет осуществлять термокинетическое воздействие на обрабатываемые материалы.

При разработке плазмотронов для воздушно-плазменной резки металлов, основные критерии эффективности обычно включают производительность, качество реза и надежность работы плазменного оборудования [5]. Высокие показатели этих параметров в значительной степени зависят от эффективности системы газодинамической стабилизации, которая определяет высокую степень тепловой и кинетической активности плазменной дуги. В современных плазмотронах для резки металлов обычно используется газовихревой метод стабилизации, который включает тангенциальную подачу плазмообразующего газа в сопловой узел и дополнительное сжатие плазменной дуги как внутри самого сопла, так и на выходе из него с помощью вихревого потока стабилизирующего газа (в технологии узкоструйной плазмы). Тангенциально закрученный поток газа формируется в специальных вихревых камерах, количество, конструкция и расположение которых в плазмотроне существенно влияют на эффективность резки металлов [6].

За последние годы технология плазменной резки претерпела значительные усовершенствования [7], которые касались не только увеличения срока службы электродов, но и существенного повышения скорости, точности и безопасности процесса резки. К традиционной плазменной резке добавилась возможность

резки с использованием дополнительной среды (рисунок 1), которая ограничивает длину плазменной дуги. Это позволяет обеспечить параллельность обработанных поверхностей при небольших толщинах, сравнимую с толщиной при лазерной резке.

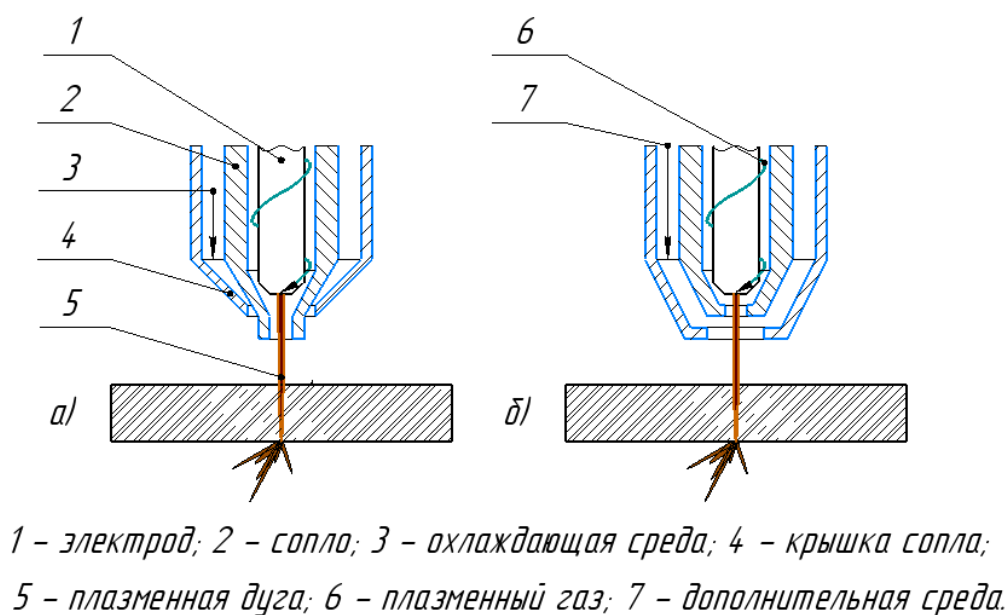


Рисунок 1 – Схемы плазмотронов различных конструкций
(а – обычный резак; б – плазменный резак с использованием дополнительной среды)

В качестве такой дополнительной среды может использоваться вода, подаваемая между плазмой и экранирующим соплом. Тангенциальная инжекция воды формирует водяной колокол, и давление пара служит дополнительным ограничением плазменной дуги, аналогично использованию дополнительного газа. Этот метод предпочтителен при резке высоколегированных сталей и алюминия, а также при обработке низколегированных сталей.

Ранее выполненные исследования [8] выявили, что угол введения плазмообразующего газа (ПОГ) в сопловой узел оказывает влияние на кинематические и кинетические характеристики плазменной струи, что, в свою очередь, влияет на параметры процесса резки.

Была создана конструкция, которая разделяет поток плазмообразующего газа на две составляющие - плазмообразующую и стабилизирующую, обеспечивая их отдельную подачу в сопловой узел. В случае использования преимущественно вихревого плазмообразующего потока, плазменная дуга получает дополнительное стабилизирующее воздействие благодаря дополнительно закрученному вторичному газу на выходе из основного сопла плазмотрона. Результаты расчетов для различных способов газовыхревой стабилизации представленный на рисунке 2.

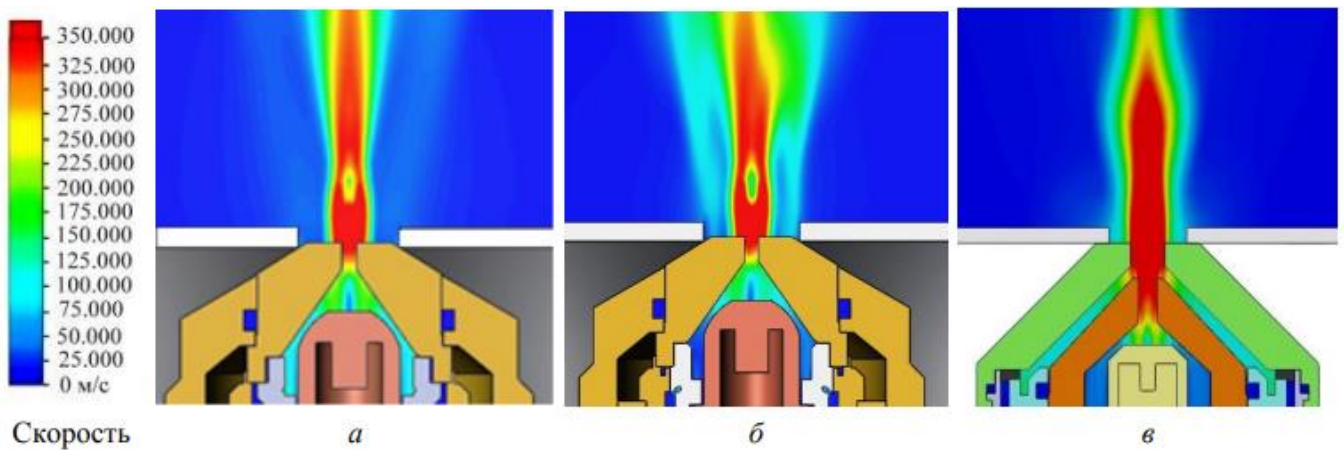


Рисунок 2 – Распределение скоростей в плазменной струе плазмотронов
(а – с серийным завихрителем; б – с новым завихрителем; в – двойное сопло)

Из анализа представленных изображений можно сделать вывод о существующих различиях в распределении скоростей, которые влияют на форму, протяженность, кинематические и энергетические характеристики плазменной струи.

После обзора большого количества литературы по улучшению стабилизации в плазмотроне мы решили попробовать изменить элемент корпуса, который изготавливается из фторопласта (рисунок 3).

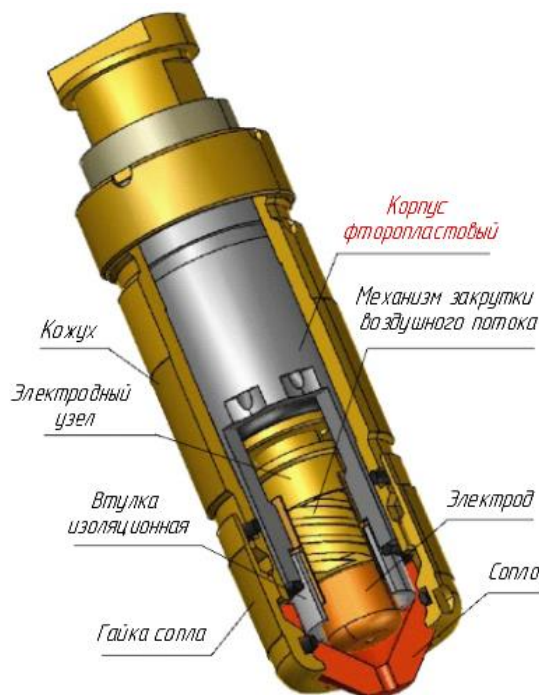
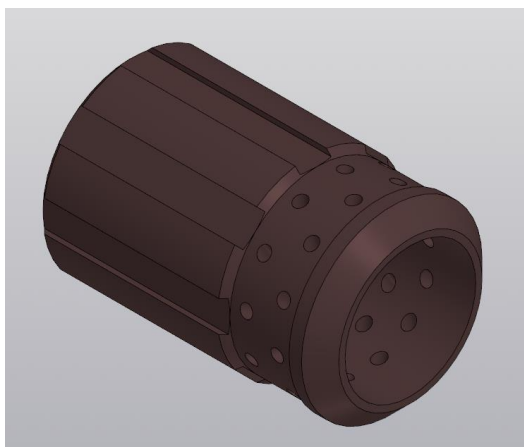


Рисунок 3 – Конструктивная схема стандартного плазмотрона

Для проектирования корпуса нами была использована программа КОМПАС-3D v.21. Сам корпус мы решили изготовить на 3D принтере марки Creality Ender-3 V2.

Полученный фторопластовый корпус имеет два уровня кольцевых канавок, выполненных под 30 градусов для лучшего завихрения. На рисунке 4 представлен опытный образец, напечатанный на 3D принтере.



а)



б)

Рисунок 4 – Фторопластовый корпус
(а – проектируемый корпус, б – напечатанный корпус)

В ходе нашего исследования, мы постарались подобрать оптимальные режимы резания под наш завихритель, для наиболее качественного реза. Был выставлен ток дуги – 110 А, напряжение дуги – 200 В, скорость резки – 0,6 м/мин, диаметр сопла – 2 мм, давление плазмообразующего газа – 0,45 Мпа.

Ширина реза составила 1,5 диаметра сопла – 3 мм. Шероховатость поверхности реза (определялась визуально), была мелкочешуйчатой по всей длине реза. На нижней кромке реза было незначительное количество легко удаляемого грата. На рисунке 5 представлена пластина на которой мы испытывали наш доработанный плазмотрон с новым корпусом.



Рисунок 5 – Экспериментальная пластина

В результате исследования и анализа современных технологических решений по улучшению системы газовихревой стабилизации электродуговых плазмотронов для резки металла, мы пришли к выводу о важности

эффективности системы газодинамической стабилизации для достижения высокой производительности, качества реза и надежности работы плазменного оборудования.

Основываясь на проведенном анализе конструкций и выявленных недостатках существующих плазмотронов, мы предложили разработку усовершенствованной конструкции фторопластового завихрителя. Этот подход позволяет повысить эффективность системы газовихревой стабилизации, что в свою очередь способствует улучшению тепловой и кинетической активности плазменной дуги.

Применение предложенной конструкции фторопластового завихрителя имеет потенциал улучшить процесс воздушно-плазменной резки металла, сделав его более эффективным и экономически выгодным. Дальнейшее исследование и практическое внедрение данного подхода могут привести к значительному улучшению производственных процессов в области металлообработки.

Статья написана при финансовой поддержке «Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан» в рамках реализации грантового проекта ИРН AP23488351 «Создание лаборатории проектирования, моделирования и инженерного анализа для оптимизации конструкций трубопроводной арматуры Казахстанского производства».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 М.Ф. Жуков, И.М. Засыпкин, А.Н. Тимошевский [и др.]. Электродуговые генераторы термической плазмы (Низкотемпературная плазма) // Новосибирск: Наука, 1999. – Т. 17. – 712 с.
- 2 Чередниченко В.С., Аньшаков А.С., Кузьмин М.Г. Плазменные электротехнологические установки // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 602 с.
- 3 Клименко А.А., Ляпин Г.К. Конструкции электродуговых плазмотронов // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 56 с.
- 4 Ф.Г. Рутберг, А.А. Сафронов, С.Д. Попов [и др.]. Многофазные электродуговые плазмотроны переменного тока для плазменных технологий // ТВТ. – 2006. – Т. 44, № 2. – С. 205–211.
- 5 Лащенко Г.И. Плазменная резка металлов и сплавов // Киев: Экотехнология, 2003. – 64 с.
- 6 М.П. Шалимов, С.В. Анахов, Ю.А. Пыкин, А.В. Матушкин, И.Ю. Матушкина. Оценка эффективности газовихревой стабилизации в плазмотронах для резки металлов // Сварка и диагностика. – 2018. – № 2. – С. 57–61.
- 7 I.Yu. Matushkina, S.V. Anakhov, Yu.A. Pyckin. Effect of the Gas-Vortex Stabilization Method on the Plasma Cutting Quality // Materials Science Forum 989:781-786, May 2020. DOI:[10.4028/www.scientific.net/MSF.989.781](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.989.781).
- 8 Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Матушкин А.В. Новые способы повышения термокинетических свойств металлорежущих плазмотронов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 76–84. DOI: 10.15593/2224-9877/2019.3.09.

УДК 539.21

Перевалов Т.Д. (ВКТУ), Ерболатова Г.У. (PhD, ВКТУ),
Квеглис Л.И. (д.ф.-м.н., ВКУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ТЕОРИИ МАГНЕТИЗМА

Аннотация. В данной статье изучено применение метода функционала электронной плотности для изучения молекул, а именно простых молекул (среди них Fe и Cr) виртуально-статистическим методом. Данный метод, позволил наиболее точно получить характеристику положения спинов, одновременно учитывая полученные значения энергий связи. Проведены вычисления с учётом кулоновского и обменных потенциалов взаимодействия. Показано, что неограниченным методом функционала плотности можно получить наиболее точный результат для исследования магнетизма в элементарных системах.

Ключевые слова: магнитный момент, искусственный интеллект, электронное состояние, спин, плотность состояний.

В последние годы возрос интерес к статистической модели электронных состояний твердого тела. Попытки упростить их представление, приводят к необходимости вводить в них феноменологические элементы, что, естественно, ограничивает их предсказательную ценность [1, с.36]. Исходя из сложности данной задачи, применение обычных ЭВМ не эффективно с точки зрения производительности, поэтому разумно использовать современные средства вычислений какими являются искусственный интеллект. Который позволяет быстро проводить вычисления, а на основе полученных данных обрабатывать новую информацию более точно. Одним из способов решения данной проблемы является использование искусственного интеллекта для проведения расчета теории функционала плотности.

В связи с этим целью работы является изучение электронных состояний с использованием метода Хартри-Фока. Неограниченный метод Хартри-Фока является основным методом квантово-химических расчетов. Он позволяет электронам иметь разные значения спина в рамках одной орбитали. Это отражает возможность молекулы иметь ненулевой магнитный момент ($S > 0$), что называется открытым оболочечным состоянием. Здесь различаются два вида орбиталей: альфа-орбитали (электроны с "верхним" спином) и бета-орбитали (электроны с "нижним" спином).

Систему уравнений Хартри-Фока с локальными вариантами обмена для неограниченного по спину варианта (метод НХФ) можно записать в виде:

$$\left[-\frac{d^2}{dr^2} + \frac{l(l+1)}{r^2} - \frac{2Z}{r} + V_c(r) - V_x^\sigma(r) \right] P_{nl\sigma}(r) = \varepsilon_{nl\sigma} P_{nl\sigma}(r) \quad (1)$$

Число уравнений в системе (1) равно числу рассматриваемых подоболочек рассматриваемого атома, т. е. числу учитываемых наборов квантовых состояний с числами $\{nl\sigma\}$. Уравнения получены в приближении сферической симметрии.

При этом предполагается, что полную волновую функцию одноэлектронного состояния можно представить в виде произведения радиальной и угловых частей

$$\phi_{nl\sigma}(\vec{r}) = R_{nl\sigma}(r)Y_{lm}(\theta, \phi),$$

где $R_{nl\sigma}(r)$ - радиальная часть волновой функции, зависящая от спина;

$Y_{lm}(\theta, \phi)$ - сферические гармоники.

При выводе уравнений после отделения угловых переменных проводится сферическое усреднение и в результате получается система уравнений (1) для радиальных функций. Здесь использованы следующие обозначения:

Z - заряд ядра.

$P_{nl\sigma}(r)$ - радиальные волновые функции, описывающие состояния электронов, находящихся на подболочке с квантовыми числами $\{nl\sigma\}$

Радиальные функции $P_{nl\sigma}(r)$ связаны с обычными радиальными функциями $R_{nl\sigma}(r)$ соотношением

$$P_{nl\sigma}(r) = rR_{nl\sigma}(r) \quad (2)$$

и вводятся для упрощения уравнений.

Далее в формуле (1):

$V_C(r)$ - потенциал кулоновского взаимодействия электронов.

$$V_C(r) = 2 \left[\frac{1}{r} \int_0^r dr' \rho(r') + \int_r^\infty \frac{dr'}{r'} \rho(r') \right] \quad (3)$$

$V_X(r)$ - потенциал обменного взаимодействия электронов. В методе X_α его можно представить в виде

$$V_{X\alpha}^\sigma = 6\alpha \left(\frac{3}{8\pi} \rho^\sigma(\vec{r}) \right)^{1/3} \quad (4)$$

В формулах (3,4) $\rho(r)$ и $\rho^\sigma(r)$ - полная и спиновая плотность электронов, которые можно записать как

$$\rho(r) = \frac{1}{4\pi} \sum_{nl\sigma} q_{nl\sigma} |R_{nl\sigma}(r)|^2 \quad (5)$$

$$\rho^\sigma(r) = \frac{1}{4\pi} \sum_{nl} q_{nl\sigma} |R_{nl\sigma}(r)|^2 \quad (6)$$

При выводе уравнений после отделения угловых переменных проводится сферическое усреднение и в результате получается система уравнений (1) для радиальных функций.

Неограниченный метод Хартри-Фока включает в себя учет электронов с различными значениями спина в рамках одной орбитали. Кулоновский потенциал отвечает за электростатическое взаимодействие между заряженными частицами. В контексте UHF он учитывает отталкивание или притяжение между электронами разных спинов, а также их взаимодействие с ядрами атомов. Кулоновский потенциал является электростатическим потенциал, возникающий при взаимном воздействии заряженных частиц. Одновременно с ним нужно учитывать обменный потенциал, который является энергией необходимой для

обмена одной частицы с другими частицами в системе. Кулоновский и обменный потенциалы при решении уравнения нужны в каждой точке, где вычисляются значения функций. Поэтому для вычисления кулоновского потенциала используется метод численного решения дифференциального уравнения первого порядка.

Рассмотрим каждый член формулы (3) по отдельности.

$$V_C(r) = 2 \left[\frac{1}{r} \int_0^r dr' \rho(r') + \int_r^\infty \frac{dr'}{r'} \rho(r') \right] = V_1 + V_2 \quad (7)$$

Сначала рассмотрим первый член

$$V_1(r) = \frac{2}{r} \int_0^r dr' \rho(r') \quad (8)$$

Его удобно вычислять, начиная интегрирование от нуля, а точнее, от начальной точки r_1 (при логарифмической замене переменных $\rho_1 = \ln(r_1)$).

При этом, используя разложение функций $P_{nl\sigma}(r)$ в ряд

$$P_{nl\sigma}(r) = A_{nl\sigma} r^{l+1} \left(1 - \frac{Z}{l+1} r + \dots \right), \quad (9)$$

для вычисления интеграла используем только первый член, остальные отбрасываем.

Для плотности получаем формулу

$$\rho(r) = \frac{1}{4\pi} \sum_{nl\sigma} q_{nl\sigma} A_{nl\sigma}^2 r^{2l+2} \quad (10)$$

В этом приближении интеграл вычисляется элементарно и получаем значения интеграла для начальных точек $i=0,1,2$.

Для вычисления интеграла в последующих точках: от $i=3$ до граничной точки nt воспользуемся формулами численного интегрирования. Для произвольной точки i имеем

$$\int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x) dx = I_{i-1} + f'_i \cdot h, \quad (11)$$

где I_{i-1} — предыдущее значение интеграла.

Для вычисления производной используем разностную формулу, полученную для четырёх точек (порядок интерполяционного полинома $n=3$). В результате получаем

$$f'_i = (9f_i + 19f_{i-1} - 5f_{i-2} + f_{i-3}) \cdot \frac{h}{24} \quad (12)$$

Эта формула известна как одна из разновидностей метода Адамса решения дифференциального уравнения первого порядка.

Для расчёта первого слагаемого в кулоновском потенциале (7) используются формулы (11) и (12).

Теперь перейдём к вычислению второго слагаемого в (7).

$$V_2(r) = 2 \int_r^{\infty} \frac{\rho(r')}{r'} dr' \quad (13)$$

Здесь проводить расчёт удобно, начиная от больших значений r . При этом формула (11) преобразуется к виду

$$\int_{x_i}^{x_i+h} f(x) dx = I_{i+1} + f'_i \cdot h, \quad (14)$$

и производная также вычисляется в обратном направлении по отношению к (11):

$$f'_i = (9f_i + 19f_{i+1} - 5f_{i+2} + f_{i+3}) \cdot \frac{h}{24} \quad (15)$$

Так как граничная точка атома r_2 выбирается не на бесконечности, а при большом значении r ($r_2 = \ln(Z + 30)$), то мы должны принимать во внимание, что плотность электронов на таких расстояниях от ядра ничтожна, и в качестве начальных значений интеграла (13) в формуле (14) для точек $i=nt-2, nt-1, nt$ можно взять нули.

В результате интегрирование второго члена в формуле (3) мы проводим от точек $nt-3$ до нуля по формулам (14), (15). Важным этапом является вычисление плотности электронов. Плотность электронных состояний представляет собой функцию, которая описывает распределение энергетических состояний в системе по энергии. Она характеризует, сколько электронных состояний доступно в системе при определенных энергетических уровнях. Для расчёта плотности электронов были использованы формулы (9, 10) в несколько изменённом виде: мы опустили коэффициент $\frac{1}{4\pi}$ в плотности

при вычислении кулоновского потенциала и одновременно в конечном результате отсутствует множитель 4π .

$$\rho(r) = \sum_{nl\sigma} q_{nl\sigma} |R_{nl\sigma}(r)|^2 \quad (16)$$

$$\rho^\sigma(r) = \sum_{nl} q_{nl\sigma} |R_{nl\sigma}(r)|^2$$

В первом случае суммирование производится по всем подболочкам, во втором - только по подболочкам с данной проекцией спина. При вычислении обменного потенциала этот коэффициент явно входит в формулу (12). На рисунках 1, 2 показаны результаты расчета плотности электронных состояний для железа Fe6 и хрома Cr6, в виде зависимости плотности электронных состояний от энергии электронов.

В заключении можно сказать, что неограниченный метод функционала плотности показал себя наиболее результативным и точным для исследования магнетизма в элементарных системах.

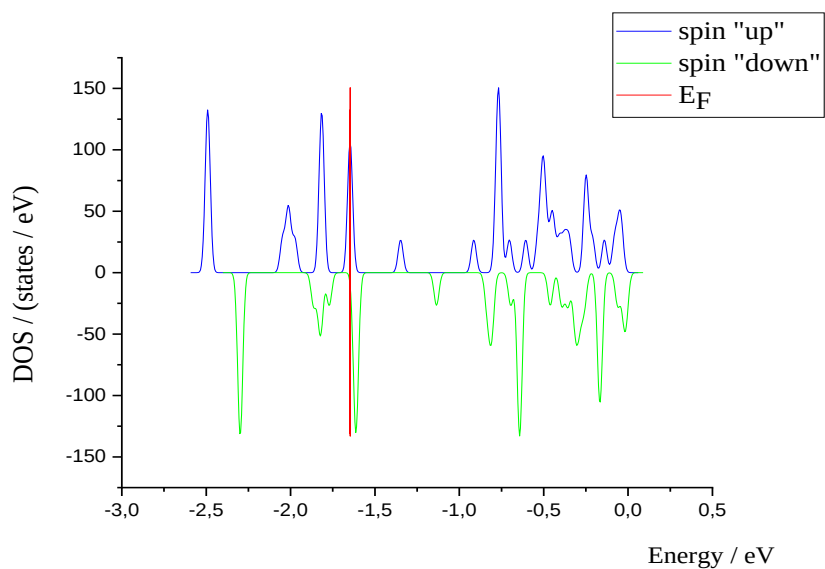


Рисунок 1 Средний магнитный момент для железа Fe_6

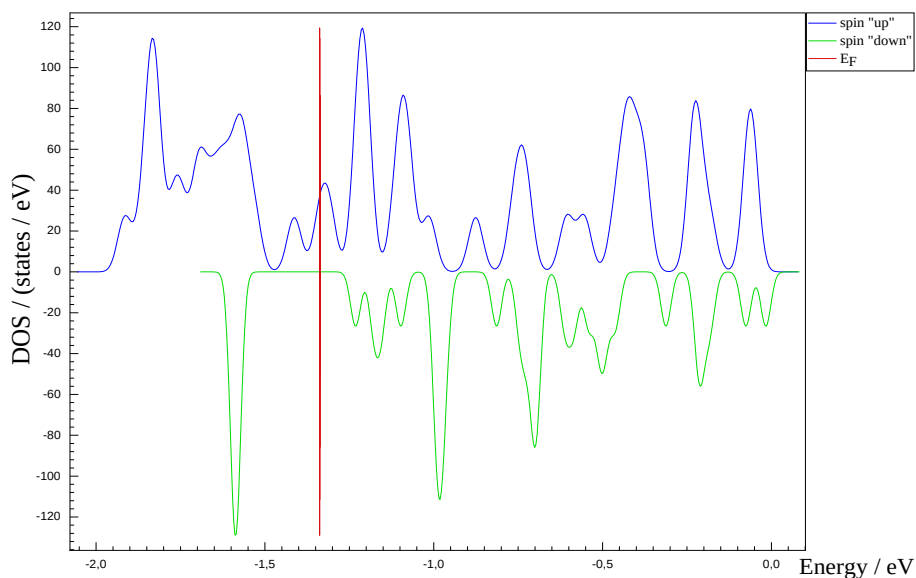


Рисунок 2 Средний магнитный момент для хрома Cr_6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Г. В. Гадияк, Ю. Н. Мороков, А. Г. Мухачев, С. В. Чернов Метод функционала электронной плотности для расчета молекулярных систем // журнал структурной химии, 1981, Том 22, No 5, с. 36-40.

ЗАДАЧА О НАЗНАЧЕНИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ РОБОТОВ

Аннотация. На сегодняшний день проблема расстановки кадров, оборудования, транспорта и ресурсов по секторам или видам работ стоит очень остро, ввиду необходимости получить максимум пользы из имеющегося. Чтобы достичь оптимума распределения и не перебирать все возможные варианты был создан венгерский алгоритм, который подробно рассматривается в первой части работы. В практической части предлагаются решения частных случаев задачи о назначениях при наличии одного или нескольких роботов, чтобы расширить диапазон применения для реальных задач.

Ключевые слова: задача о назначениях, венгерский алгоритм, повышение качества (производительности).

Напомним постановку классической задачи о назначениях [1]. Имеется n работников и n заданий. Для каждого работника известно, какое качество выполнения работы он сможет обеспечить по шкале от 0 до 10. Договоримся, что под качеством выполнения работы будем подразумевать агрегатный параметр, зависящий от производительности, т. е. количества выполненной работы за единицу времени, и самого качества. Сведения о качестве выполнения работы даны в матрице весов. Качество выполнения работы в матрице находится на пересечении определённой работы и поставленного на неё работника. Каждый рабочий может взять себе только одно задание. Требуется распределить рабочих по заданиям так, чтобы максимизировать общее качество выполняемых работ.

Решение классической задачи о назначениях. Применяем венгерский алгоритм [1], с временной сложностью $T(n) = O(N^3)$, где $N = n^2$ – объём исходных данных, т. е. время (количество арифметических операций $+$, $-$, $\times$, $:$ и сравнений $=$, $\leq$), необходимое для расчёта оптимального варианта распределения работников. Оно оценивается $T(n) \leq DN^3 = Dn^6$, где D – некоторая константа.

Сам венгерский алгоритм, как и любая другая задача о назначениях, опирается на теорему Кёнига [1]. Она гарантирует оптимальность распределения работников по заданиям.

Задача о назначениях может ставиться, как на максимум, так и на минимум. Благо, инверсия, т.е. переход от задачи на минимум к задаче на максимум и наоборот не представляет собой сложности. Допустим, у нас есть множество данных $A = \{a_1, a_2, \dots\}$ с определёнными весами. Мы создаём новое множество данных $B = \{a - a_1, a - a_2, \dots\}$, где a – максимально допустимый вес. Значения полученного множества и будут являться новыми весами для инвертированной задачи. Время инвертирования: $O(\text{Кол. данных элементов } a_k)$.

Практическая часть. Общая задача о назначениях с использованием роботов.

Постановка 1 задачи, когда имеется один робот.

Имеется n работников и n заданий, а также один робот. Для каждого

работника известно его качество выполнения работы с роботом и без робота. Каждый работник может взять себе только одно задание. Требуется распределить рабочих на рабочие места, выдав одному из них робота, так, чтобы общее качество выполняемых работ было максимальным.

Решение. Имеем две матрицы весов, в каждой из которых качество работы будет находиться на пересечении определённой работы и поставленного на неё работника. Но в одной матрице это качество, когда ни у кого нет робота, а в другой если данный работник поучил робота, т.е. всего $2n^2$ данных. Выдаём мысленно робота каждому сотруднику по очереди. Каждый раз при этом в матрице весов меняется столбец, соответствующий работнику, которому выдан робот. В итоге получаем n изменённых матриц весов. Далее, для каждой из них рассчитываем оптимальный вариант, используя венгерский алгоритм (тратим на это не более $((n)^2)^3 \cdot n = 2n^7$ операций). Полученные результаты фиксируем. Находим максимум среди этих значений, пузырьковый алгоритм требует на это порядка $\log(n)$ действий. На соответствующую работу и назначаем данного работника с роботом. Время расчёта – $O(n^7)$.

Постановка 2 задачи. Есть n работников и n заданий, а также k роботов (не обязательно одинаковых), естественно, $k < n$. Для каждого работника известно его качество выполнения работы с роботом и без робота. Каждый работник может взять себе только одно задание. Требуется распределить рабочих и роботов на их рабочие места так, чтобы общее качество выполняемых работ было максимальным.

Решение А. Распределяем k роботов среди n работников. При каждом распределении прогоняем венгерский алгоритм. Таким способом можно гарантировано достичь максимума качества выполняемой работы. Время расчёта не превосходит $D_2 n^7$. По известной комбинаторной формуле сочетаний [2], время расчёта равно $C_n^k \times D_2(n)^7$, где мы распределяем k роботов по n работникам без учёта порядка расстановки.

Решение В. В случае, когда роботы одинаковые, возможно удастся сократить время расчёта, и вот один из способов как это можно сделать.

Сначала рассчитаем вариант, когда у нас есть только один робот по алгоритму задачи №1. Далее, мы убираем работника, которому достался робот, а также соответствующую работу из первоначальной матрицы весов. Снова проводим расчёт по алгоритму задачи №1, но уже без него. Так проделываем, пока у нас не закончатся роботы. Время расчёта:

$$T(n) \leq D_1(n)^7 + D_1(n-1)^7 + D_1(n-2)^7 + \dots + D_1(n-k+1)^7,$$

т.е. $T(n) = O(kn^7)$. Понятно, что $D_2 > D_1$ при достаточно больших n , так как нужно менять не один, а k столбиков.

Исследуем эту ситуацию подробнее. Мы выдаём роботов один за другим, и роботы должны быть обязательно одинаковые. Серией расчётов на конкретных числовых данных было выявлено, что прирост совокупного качества выполняемой работы при выдаче первого будет больше или равен приросту при выдаче второго и т.д. Обозначим эти приросты $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_n$ соответственно. Так,

$\Delta f_1 \geq \Delta f_2; \Delta f_2 \geq \Delta f_3; \Delta f_{n-1} \geq \Delta f_n; \dots$ Тогда, если мы выберем из множества $\{\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_n\}$ k первых членов, то получим максимум производительности для заданного количества роботов, т.е. $\Delta f_1 + \Delta f_2 + \dots + \Delta f_k = \Delta f_{\max}$.

Численный эксперимент. Мы провели испытание решения задачи пункта В с распределением 3 роботов по 5 работникам, т.е. $k = 3$, а $n = 5$. Все веса были получены в генераторе случайных чисел от 0 и до 9 включительно, а сами расчёты с применением венгерского алгоритма были проведены с использованием программы сайта [3]. После этого мы провели расчёты с теми же исходными данными в матрице по алгоритму решения задачи пункта А и удостоверились в правильности решения. Таким образом, мы получили максимальный прирост производительности при выдаче роботов в обоих случаях. В конкретно данном случае, алгоритм А оказывается быстрее, но, если увеличить n работников хотя бы до 6, оставив $k = 3$, мы получим выигрыш во времени расчёта. Важно отметить, что если мы расставляем роботов по одному, т.е. используем решение В, то у нас появляется возможность чётко видеть тенденцию к уменьшению Δf с каждым новым роботом. Мы можем отследить, в каком случае выдача робота не будет приносить пользы, а также оценить, на каком (по счёту) роботе стоит остановиться ввиду невыгодности или его низкой окупаемости, что также делает этот способ более предпочтительным.

Мы исследовали обобщённые задачи о назначениях с использованием роботов и предложили своё решение для каждой из них. Нам удалось свести их к классическому алгоритму, используя немного комбинаторики и логического мышления. Также мы смогли предложить один, более оптимальный способ для случая множества одинаковых роботов и подкрепили его примером. Можно сказать, что я смог разобрать теоретические и практические аспекты применения венгерского алгоритма и готов применять свои знания на практике для решения проблем, связанных с организацией рабочих мест, введением нового оборудования для повышения производительности фабрик, заводов, а также наращивания экономического и производственного потенциала своей страны в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кофман А., Фор Р. Займемся исследованием операций. М.: Мир, 1966, 280 с.
2. Яковлев И. В. Комбинаторика для олимпиадников. М.: МЦНМО, 2019; третье издание.
3. Hungarianalgorithm.com [электронный ресурс]/онлайн калькулятор/ свободный доступ: <https://hungarianalgorithm.com/solve.php>

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Аннотация. В данной работе представлены результаты инженерно-технического исследования модернизации установки магнетронного напыления функциональных покрытий. Предложенная схема позволит использовать при получении покрытий мишени из дорогостоящих или редких материалов в малом количестве, а также рационально использовать рабочий газ.

Ключевые слова: Ионно-плазменное напыление, магнетронное распыление, тонкопленочное покрытие.

Применение новых материалов позволяет создавать технику с принципиально новыми характеристиками, повышает конкурентоспособность целых отраслей промышленности. Свойства новых материалов определяют структуру, прочность, вес, теплопроводность, коррозионную стойкость, биоактивность и другие важные свойства новых устройств, машин и оборудования. Наибольший вклад за последние десять лет в развитие новых технологий внесен благодаря внедрению новых нано- и композиционных материалов. Многослойные наноразмерные металл-интерметаллидные многопериодные композитные покрытия привлекают все большее внимание при модификации поверхности промышленных [1] и биомедицинских [2] материалов благодаря превосходным физико-химическим свойствам и биосовместимости.

Для получения наноразмерных многослойных многопериодных композитных покрытий применяют мульти-магнетронные распылительные системы [1], позволяющие в одном цикле наносить пленки, состоящие из двух, трех или большего числа компонентов [2].

Применяемые при магнетронном распылении материалы изготавливаются в виде так называемой мишени, размер которой определяется габаритами и конструкцией магнетронной системы. С целью экономии редких и/или дорогостоящих материалов приходится применять мишени, имеющие уменьшенные, но достаточные для исследовательских целей размеры.

В нашей работе представлены результаты технологической разработки магнетронов минимального размера. Новая конструкция мини-магнетронов подразумевает конструкторскую доработку фланцев с вакуумными токовводами для имеющейся вакуумной камеры ионно-плазменного напыления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кадыржанов, К. К., и др. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. – М.: Изд-во МГУ. – 2005. – 640 с.
2. Плотников, С. В., и др. Физические основы ионно-лучевых технологий. – ВКТУ им. Д. Серикбаева. – Усть-Каменогорск, 2017. 350 с. ISBN 978-601-208-440-5.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СФЕРЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Аннотация: Искусственный интеллект (ИИ) оказывает значительное влияние на различные аспекты современной инженерии. В данной аннотации рассматривается влияние ИИ на автоматизацию проектирования, улучшение производственных процессов, предиктивное обслуживание оборудования, анализ больших данных, разработку инновационных решений и управление роботизированными системами и автономными технологиями. Использование ИИ в инженерии приводит к повышению эффективности, качества и инновационности процессов проектирования и производства, а также снижению издержек и рисков.

Ключевые слово: Искусственный интеллект, Современная инженерия, Автоматизация проектирования, Улучшение производственных процессов, Предиктивное обслуживание оборудования, Анализ больших данных, Разработка инновационных решений.

Современная инженерия сталкивается с вызовами, требующими новых подходов и технологий для решения сложных проблем. В последние десятилетия искусственный интеллект (ИИ) стал ключевым элементом в преобразовании инженерной деятельности. В этой статье мы рассмотрим, как искусственный интеллект влияет на современную инженерию и какие преимущества и вызовы это представляет.

1. Автоматизация проектирования: ИИ применяется для создания инновационных дизайнов и оптимизации конструкций. Алгоритмы машинного обучения и генетические алгоритмы могут анализировать множество вариантов проектирования и выбирать наилучшие с учетом заданных критериев. ИИ позволяет автоматизировать множество процессов, связанных с проектированием, включая создание чертежей, моделирование и анализ конструкций. Это позволяет инженерам сосредоточиться на более творческих и инновационных аспектах проекта.

2. Улучшение производственных процессов: Использование ИИ позволяет оптимизировать производственные процессы, улучшая эффективность и качество продукции. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о производственных цепочках, определяют оптимальные параметры и предсказывают возможные отклонения. С помощью алгоритмов машинного обучения искусственный интеллект может анализировать данные о производственных процессах и оптимизировать их для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества продукции.

3. Предиктивное обслуживание оборудования: ИИ используется для прогнозирования отказов оборудования на основе данных о его состоянии и эксплуатации. Это позволяет предпринимать меры по предотвращению аварийных ситуаций и своевременному обслуживанию оборудования, что снижает простои и экономит ресурсы.

4. Анализ больших данных: Современная инженерия сталкивается с огромными объемами данных, которые необходимо анализировать для выявления паттернов и трендов. ИИ помогает обрабатывать и интерпретировать эти данные, выявляя скрытые закономерности и делая предсказания, что облегчает принятие более обоснованных решений.

5. Разработка инновационных решений: Использование ИИ позволяет создавать новые инновационные продукты и технологии, применяя методы машинного обучения и глубокого обучения для исследования новых областей и разработки новых концепций.

6. Роботизированные системы и автономные технологии: ИИ играет ключевую роль в управлении роботизированными системами и автономными технологиями, позволяя им принимать решения на основе собранных данных и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды.

Несмотря на многочисленные преимущества, использование искусственного интеллекта в современной инженерии также представляет некоторые вызовы. Это включает в себя вопросы безопасности данных, этические аспекты использования ИИ и необходимость подготовки специалистов к новым технологиям. Однако, с правильным подходом и инновационными решениями эти вызовы могут быть преодолены, открывая новые перспективы для современной инженерии.

1. Развитие автономных систем: С развитием ИИ все большее внимание уделяется созданию автономных систем и роботизированных устройств. ИИ позволяет им обучаться и принимать решения на основе полученной информации, что делает их более гибкими и эффективными в выполнении различных задач.

2. Инженерное моделирование и анализ: инженеры используют ИИ для создания сложных компьютерных моделей, способных предсказывать, как будут вести себя различные конструкции под нагрузкой. Это особенно ценно в областях, где безопасность является критическим фактором, например, в авиастроении и строительстве мостов.

3. Машинное обучение и анализ данных: с помощью машинного обучения алгоритмы способны анализировать большие объемы данных о прошлых проектах, что помогает предсказывать потенциальные проблемы и предлагать решения до начала строительства или производства.

Разработка новых материалов с помощью ИИ

ИИ играет революционную роль в создании новых материалов, открывая возможности, которые ранее казались недостижимыми. С помощью мощных алгоритмов и обработки больших данных, ИИ способен анализировать и предсказывать свойства материалов, что ускоряет процесс их разработки и тестирования.

Примеры применения:

1. Нанотехнологии: ИИ используется для разработки наноматериалов с уникальными свойствами. Например, в области создания нанотрубок, ИИ помогает предсказывать их прочность, гибкость и проводимость, что критично для применения в электронике и композитных материалах.

2. Биоматериалы: в медицине ИИ помогает разрабатывать новые биосовместимые материалы для использования в имплантатах и протезировании. Алгоритмы могут анализировать взаимодействие материалов с биологическими тканями, способствуя созданию более безопасных и эффективных медицинских устройств.

3. Энергетические материалы: в области возобновляемой энергетики ИИ используется для разработки более эффективных материалов для солнечных панелей и аккумуляторов. Это включает в себя исследование новых фотоэлектрических материалов и электролитов для батарей.

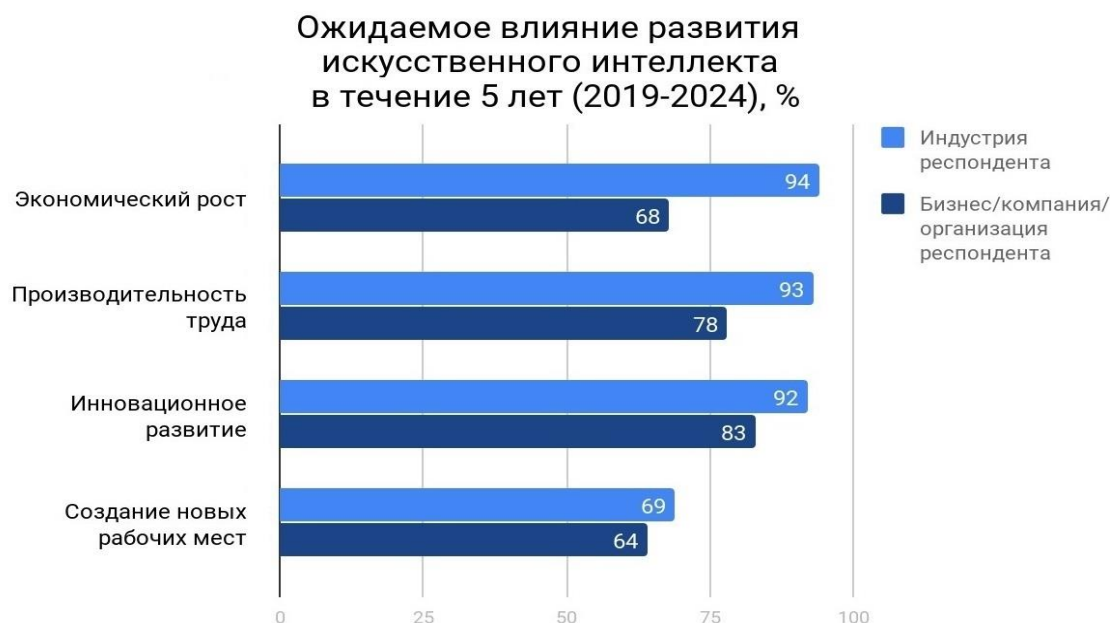


Рисунок 1 - Ожидаемое влияние развития искусственного интеллекта в течение 5 лет

Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в современной инженерии, привнося инновации и трансформируя способы работы в этой области. Эта статья рассматривает различные аспекты влияния ИИ на инженерную деятельность. Она освещает автоматизацию процессов проектирования и анализа данных, улучшение производственных процессов с помощью алгоритмов машинного обучения, а также применение ИИ для предиктивного обслуживания оборудования и разработки инновационных решений. В статье также обсуждаются вызовы и перспективы дальнейшего развития использования искусственного интеллекта в современной инженерии.

Развитие искусственного интеллекта открывает новые горизонты для современной инженерии. Применение ИИ в различных областях инженерной деятельности способствует улучшению производственных процессов, повышению качества продукции и снижению издержек. Дальнейшее развитие технологий ИИ будет играть ключевую роль в инновационном развитии инженерной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Интеллект: модернизация и решения. М.: Вильямс.
2. Калашникова, Н. (2018). Искусственный интеллект: Методы и модели. М.: ДМК Пресс.
3. Муравьев, В. (2017). Глубокое обучение: Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер.
4. Лукьяненко, И. (2019). Применение нейронных сетей в задачах искусственного Харт, Д., Стокр, Дж., Уигдерсон, Р. (2004). Искусственный интеллект. М.: Издательский дом НИУ ВШЭ.
5. Журнал "Искусственный интеллект и принятие решений". Издательство "Наука".
6. Книга "Искусственный интеллект в инженерной деятельности", под редакцией Иванова А.А. (2020). М.: Книжный мир.
7. <https://radiag.bmoc-spb.ru/jour/article/view/475>
8. https://www.1spbgmu.ru/images/home/universitet/biblioteka/virtual_vystavki
9. <https://dzen.ru/a/ZZZrTpKlAx2Cd-A-https://gb.ru/blog/razvitiye-iskusstvennogo-intellekta/>

THE OPERATING PRINCIPLE AND TYPES OF AUTOMOTIVE TURBOCHARGER

Abstract. *The article describes what a car turbocharger is, its purpose, principle of operation and design. The varieties of turbochargers and their systems are considered. In the production of automotive technical expertise, it is necessary to understand the design and principle of operation of the object under study, and therefore, the information provided in this article regarding automotive turbochargers may be useful to experts (specialists) who carry out research on their causes of failure.*

Key words. Turbocharger, boost, ICE, fuel, exhaust gases, housing, air pressure.

Turbocharging is one of the most common methods of boosting internal combustion engine performance in automobiles. By installing a turbocharging system on a stock naturally aspirated engine, when implemented properly, it's possible to increase its power by 1.5 to 2 times.

Supercharging is the increase in pressure in the intake manifold to enhance the filling of the engine cylinders with air. The more air that is supplied, the more fuel can be injected, resulting in greater work performed per cycle.

A turbocharger is a device that utilizes the kinetic energy of exhaust gases from the engine to increase the degree of forced induction. The ultimate goal of increasing forced induction is to enhance the effective power of the engine. The effective power of the engine is calculated using the formula [1]:

$$N_e = \rho_k \cdot \eta_v \cdot \eta_e \cdot \frac{H_u}{\alpha \cdot l_0} \cdot \frac{i \cdot V_h \cdot n}{120},$$

where N_e - is the effective power of the engine; ρ_k - is the air charge density; η_v - is the volumetric efficiency coefficient; η_e - is the effective efficiency; H_u - is the lower heating value of the fuel; α - is the air-fuel ratio; l_0 - is the theoretically required amount of air for the complete combustion of 1 kg of fuel; i - is the number of cylinders; V_h - is the cylinder displacement; n is the crankshaft rotation frequency. As seen from the provided formula, the effective power of the engine is directly proportional to the air charge density (ρ_k) and the volumetric efficiency coefficient (η_v). In turn, the forced induction created by the turbocharger leads to a significant increase in the volumetric efficiency coefficient and air charge density, ultimately resulting in an increase in the effective power of the engine. The power of the engine is, in turn, directly proportional to its torque, indicating a corresponding increase in torque when forced induction is implemented (see Figure 1).

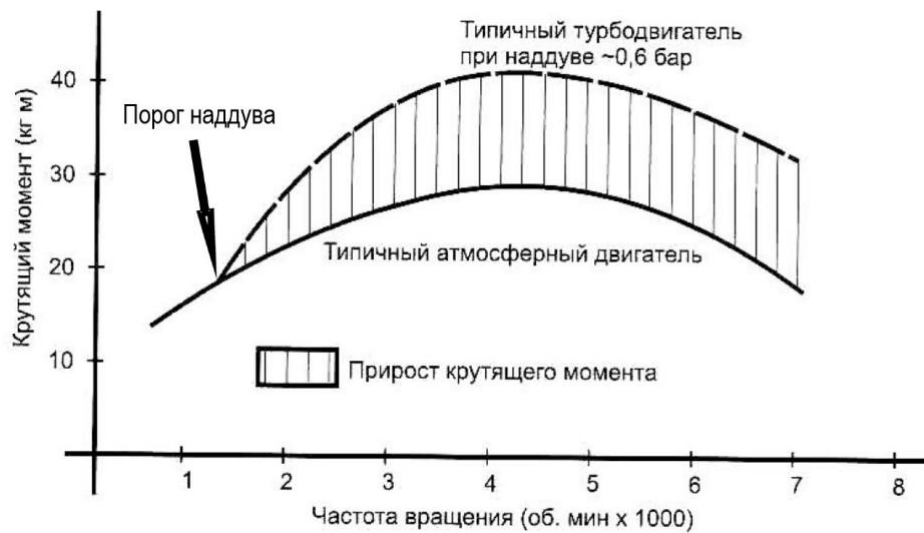


Figure 1 - A typical example illustrating the difference in torque curves between turbocharged and naturally aspirated internal combustion engines (ICE) [2]

Figure 2 - presents a generalized diagram of the forced induction system in an automobile's internal combustion engine (ICE) with a turbocharger.

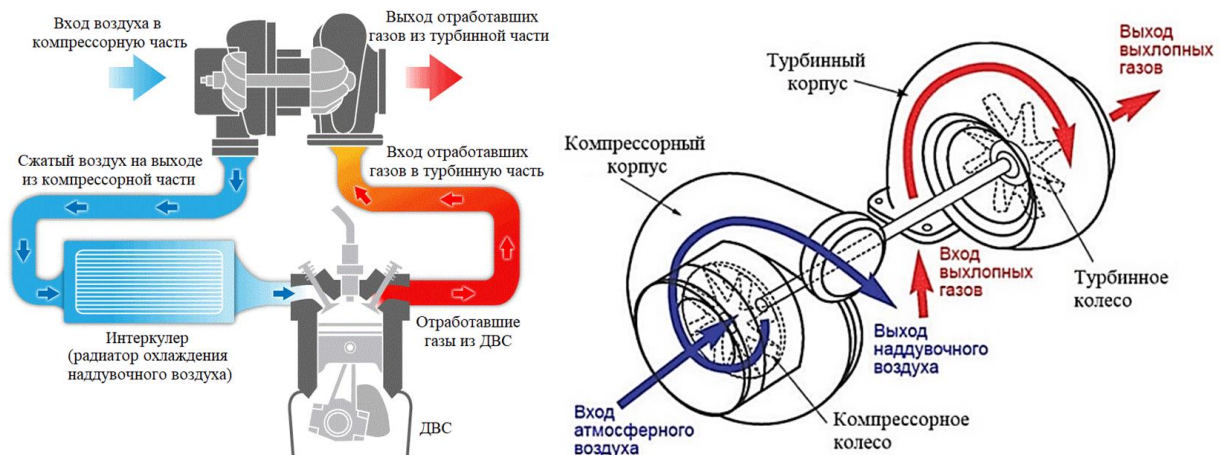


Figure 2 - Diagram of the forced induction system in an automobile's internal combustion engine (ICE) with a turbocharger [3]

A turbocharger is made up of two main sections: the turbine and the compressor. The turbine consists of the turbine wheel (1) and the turbine housing (2). It is the job of the turbine housing to guide the exhaust gas (3) into the turbine wheel. The energy from the exhaust gas turns the turbine wheel, and the gas then exits the turbine housing through an exhaust outlet area (4).

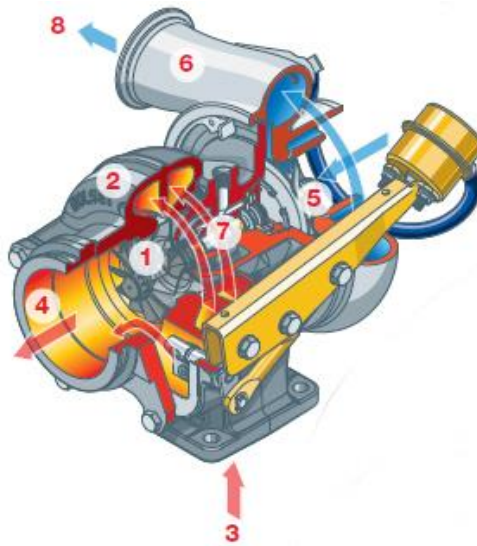


Figure 3 - Scheme of automotive turbocharger

The compressor also consists of two parts: the compressor wheel (5) and the compressor housing (6). The compressor's mode of action is opposite that of the turbine. The compressor wheel is attached to the turbine by a forged steel shaft (7), and as the turbine turns the compressor wheel, the high-velocity spinning draws in air and compresses it. The compressor housing then converts the high-velocity, low-pressure air stream into a high-pressure, low-velocity air stream through a process called diffusion. The compressed air (8) is pushed into the engine, allowing the engine to burn more fuel to produce more power [4].

To limit the boost pressure in turbochargers, a wastegate valve is used. Overboost in the car engine is highly undesirable as it can lead to detonation in the fuel-air mixture and damage to the cylinder-piston group components. Additionally, in the case of overboost, the turbocharger itself may experience overspeeding, exceeding the manufacturer's specified limits. A wastegate valve is a component that directs exhaust gases away from the turbine wheel to restrict the rotor's speed in the turbocharger, thereby regulating the maximum boost pressure (Figure 4).

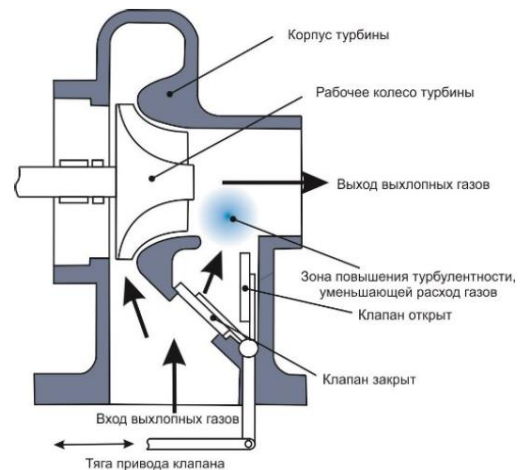
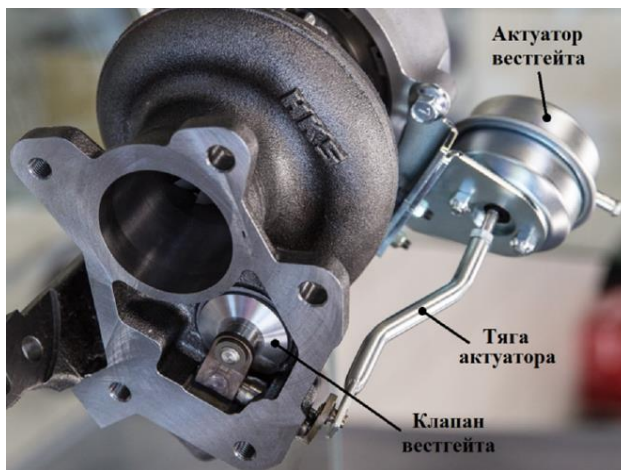


Figure 4 - Wastegate valve of the turbocharger [5]

Varieties of Turbocharger Systems. A "single turbo system" refers to a setup in which a single turbocharger is used to increase the air flow into the engine of a vehicle. This turbocharger compresses air and forces it into the engine's intake manifold, allowing for more air to mix with fuel and thus increasing power output. Single turbo systems are commonly found in many production vehicles and aftermarket performance upgrades. They are often chosen for their simplicity, ease of installation, and cost-effectiveness compared to more complex multi-turbo setups.

The Twin-Turbocharging system consists of two identical turbochargers that operate simultaneously and in parallel to each other (Figure 5). Their parallel operation is achieved by evenly distributing the flow of exhaust gases between the turbochargers. The Twin-Turbo system is commonly used in V-shaped engines. Each turbocharger is mounted on its respective engine exhaust manifold. The efficiency of this turbocharging system lies in the fact that two smaller turbochargers are less inertially loaded than one large turbocharger. This reduces the negative effects of "turbo lag" and "turbo spool-up," allowing the turbochargers to operate more efficiently over a broader range of engine speeds.



Figure 5 - Twin-Turbocharging system [6]

Bi-Turbocharging System. The Bi-Turbocharging system consists of two turbochargers of different sizes (small and large), installed sequentially one after the other (Figure 6).

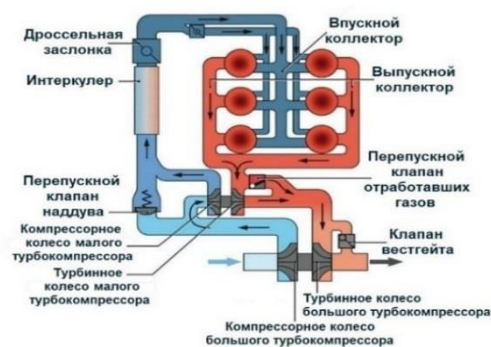
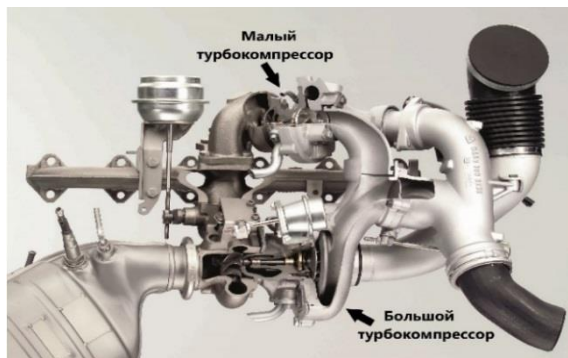


Figure 6 - External view of the Bi-Turbocharging system/ Figure 7 - Diagram of the operation of the Bi-Turbocharging system

In this system, valve control is used to regulate the flow of exhaust gases and the compressed air (Figure 7). At low engine speeds, the bypass valve for exhaust gases is closed. The exhaust gases pass through the housing of the small turbocharger and then through the housing of the large turbocharger. In this case, the pressure of the exhaust gases is not high enough to spin the large turbocharger, but it is sufficient to start spinning the small one. The boost bypass valve in the intake manifold is closed, and the air passes sequentially through the compressor parts of the large and small turbochargers [7].

As the engine speed increases, the turbochargers work together. The bypass valve for exhaust gases gradually opens, allowing the majority of the exhaust gases to flow through the turbine housing of the large turbocharger, which starts to spin. At the inlet, the compressor of the large turbocharger compresses the air at a low pressure, and this compressed air then enters the compressor of the small turbocharger, where it undergoes more significant compression. The boost bypass valve in the intake manifold remains closed.

BIBLIOGRAPHY:

1. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, 2nd Edition – 2018.
2. Bell Corky, Maximum Boost: Designing, Testing and Installing Turbocharger Systems (Engineering and Performance) - 1997.
3. Konstrukciya i princip raboty turbonadduva, available at: <https://myavtomobili.ru/konstrukcia-i-princip-raboty-turbonadduva>.
4. How does a turbocharger works, available at: <https://www.cummins.com/components/turbochargers/how-a-turbocharger-works>
5. Aktuator turbiny: princip raboty i nastrojka, available at: <https://myavtomobili.ru/aktuatorturbiny-princip-raboty-osnovnye-neispravnosti-diagnostika-i-nastrojka/>.
6. Uchimsya razlichat biturbo dvigateli ot tvinturbo, chem oni pohozhi i kakie osnovnye otlichiya, available at: <https://toyota-faq.ru/miscellaneous/biturbo-i-twinturbo-est-li-raznica.html>.
7. Chto znachit biturbo: nadduvnyj motor s dvumya turbokompressorami, available at: <https://str2.ru/raznoe-2/chto-znachit-biturbo-biturbo-twinturbo-nadduvnyj-motor-sdvumya-turbokompressorami.html>.

УДК 628.971.8

Смаилов Р.Р. (22МТМ-2т, ВКТУ), Капаева С.Д. (PhD, ВКТУ), Азаматов Б.Н. (PhD, ВКТУ), Рахадилов Б.К. (PhD, ВКУ)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛИ 12Х18Н10Т МЕТОДОМ ЭППУ

Аннотация. В данной статье рассматривается метод поверхностного упрочнения стали 12Х18Н10Т с использованием ЭППУ. Электролитно-Плазменное поверхностное упрочнение способствует значительному повышению механических свойств материала за счет воздействия электролита и плазмы. Исследования подтверждают улучшение твердости и износостойкости стали, что делает данную технологию обещающей для промышленных применений. Эффективность метода ЭППУ предоставляет новые перспективы для совершенствования свойств металлов и сплавов в инженерных приложениях. Экспериментальные исследования и механические испытания проводили в центре фундаментальных и прикладных исследований в научно-производственной компании "PlasmaScience".

Ключевые слова: микротвердость, износостойкость, наноиндентирование, дифрактограмма, рентгенофазовый анализ, фазовый анализ.

Сталь 12Х18Н10Т, широко применяемая в инженерии и производстве, подвергается поверхностному упрочнению методом Электролитно-Плазменного Поверхностного Упрочнения (ЭППУ) с использованием различных режимов обработки [1]. Таблица 1 представляет параметры образцов стали и режимы ЭППУ, включая характеристики электролита, напряжение (U), ток (I) и время (t). Микротвердость образцов измеряется с использованием методики Виккерса, обеспечивая надежные данные о механических свойствах [2]. Полученные результаты позволяют оценить эффективность ЭППУ для улучшения микротвердости и износостойкости стали 12Х18Н10Т, а также провести анализ фазовой структуры с использованием дифрактограмм и рентгенофазового анализа.

Таблица 1 – Режимы образцов стали 12Х18Н10Т для ЭППУ

№	Режимы	Электролит	U, В	I, А	t, с
1	1 Образец	20%	320	75	2 сек (нагрев) – охлаждение
2	2 Образец	кальцинированная сода 80%	320 300	80	2 сек (нагрев) - (7сек (охлаждение)) 2 сек (нагрев) - охлаждение
3	3 Образец	дистиллированная вода	320 300 300	80	2 сек (нагрев) - (7 сек (охлаждение))) 2 сек (нагрев) - (10 сек (охлаждение))) 2 сек (нагрев) - (охлаждение)
4	4 Образец		320	75	3 сек (нагрев) – охлаждение

Микротвердость образцов определяли на приборе Металаб 502 по методике Виккерса, результаты показаны на рисунке 1. Параметры измерения: нагрузка 20 г. время выдержки 10 с. Микротвердость рассчитывается по формуле:

$$HV = \frac{1.854P}{d^2}$$

где P - приложенная нагрузка (кгс); d - средняя диагональ индентора (мм).
 α - угол наклона торца индентора (136°).

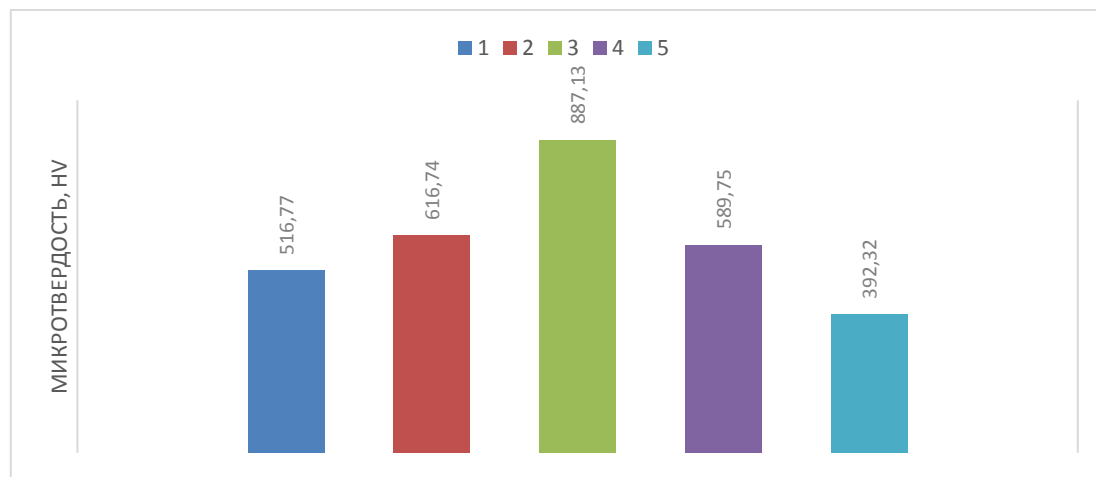


Рисунок 1 – Микротвердость образцов стали 12X18H10T: после ЭППУ по режимам №1, №2, №3, №4 и исходной образец

Износостойкость метода Электролитно-Плазменного Поверхностного Упрочнения (ЭППУ) измерялась путем оценки убыли массы за единицу времени в процессе абразивного износа. Эксперименты проводились на специальной установке для абразивного испытания [3,4]. Условия тестирования включали нагрузку 40 Н, выдержку в течение 5 минут, и использование абразивного материала в виде порошка корунда с зернистостью <100 микрон. Эти параметры создавали условия, приближенные к реальным эксплуатационным сценариям, позволяя оценить эффективность ЭППУ в контексте износостойкости.

Для измерения коэффициента трения использовался универсальный трибометр TRB³ (Anton Paar, Австрия) с применением схемы трения "шар-диск" с линейной скоростью 0.03 м/с при комнатной температуре 25±1 °С [5]. Вертикальная нагрузка 5 Н. Материал контртела – 100Cr6. Коэффициент трения испытываемых материалов определяли после прохождения пути трения (L) равного 60 м.

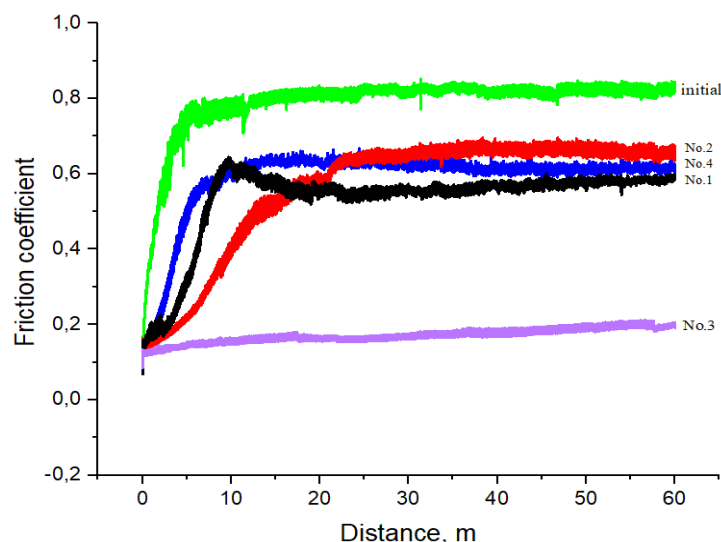


Рисунок 2 – Коэффициенты трения образцов стали 12Х18Н10Т: после ЭППУ по режимам №1, №2, №3, №4 и исходной образец

Методом индентирования определяют твердость, модуль Юнга и упругое восстановление как сверхтвердых, так и мягких материалов при малых нагрузках. Модуль упругости определяют методом вдавливания на сложной измерительной системе по методу Оливера-Фарра. Это позволяет выделить в информации, содержащейся в разгрузочной ветви диаграммы сила-деформация, две составляющие, относящиеся как к упругой части достигаемой деформации и энергии, так и к пластической.

Испытания наноиндентирования проводили на тестере (Наноскан 4D компакт. Москва. Россия) с использованием наконечника индентора Берковича. Проведенная пиковая нагрузка составила 200 мН. Скорость нагружения/разгрузки составляла 20 мН/с и поддерживалась при максимальной нагрузке в течение 10 с. Твердость и модуль Юнга измеряли по ГОСТ Р 8.748-2011 (ИСО 14577-1:2015)

Метод наноиндентирования широко используется для измерения механических свойств материалов на микроуровне. Наноиндентирование – современная область определения твердости материалов, которая очень полезна в области машиностроения. Типичная экспериментальная кривая для этого метода в виде графика зависимости нагрузки (Р) от глубины вдавливания (h) представлена на рисунке 3. Кривая состоит из двух частей, соответствующих процессу погрузки и разгрузки.

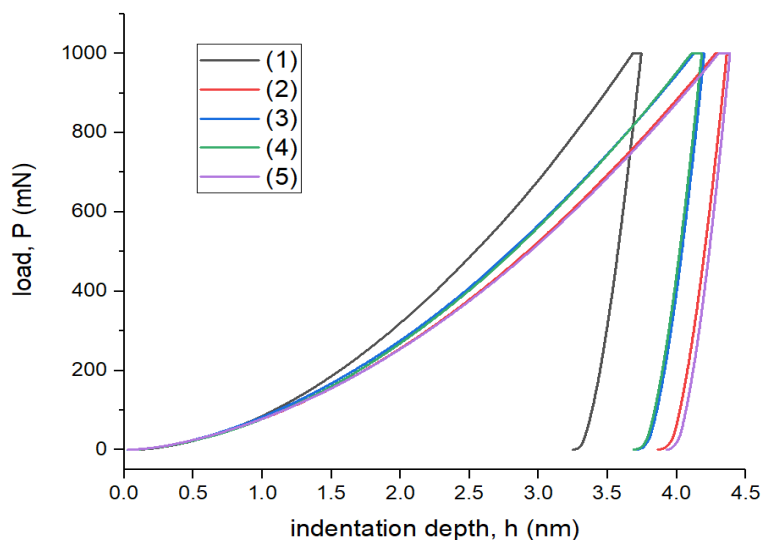


Рисунок 3 – Твердость образцов стали 12Х18Н10Т: после ЭППУ по режимам №1, №2, №3, №4 и исходной образец

Рентгенофазовый анализ проводили на приборе Xpert PRO PANalytical [6]. В ходе исследования на анодную медную трубку подавалось напряжение 40 кВ и ток 30 мА, излучение $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1.541 \text{ \AA}$) в диапазоне от 10 до 90 градусов, шаг съемки составлял 0.02, а время счета - 0.5 с/шаг. Фазовый анализ по полученным линиям дифрактограмм проводили с помощью дополнительного программного комплекса HighScore Plus и Mach 3.

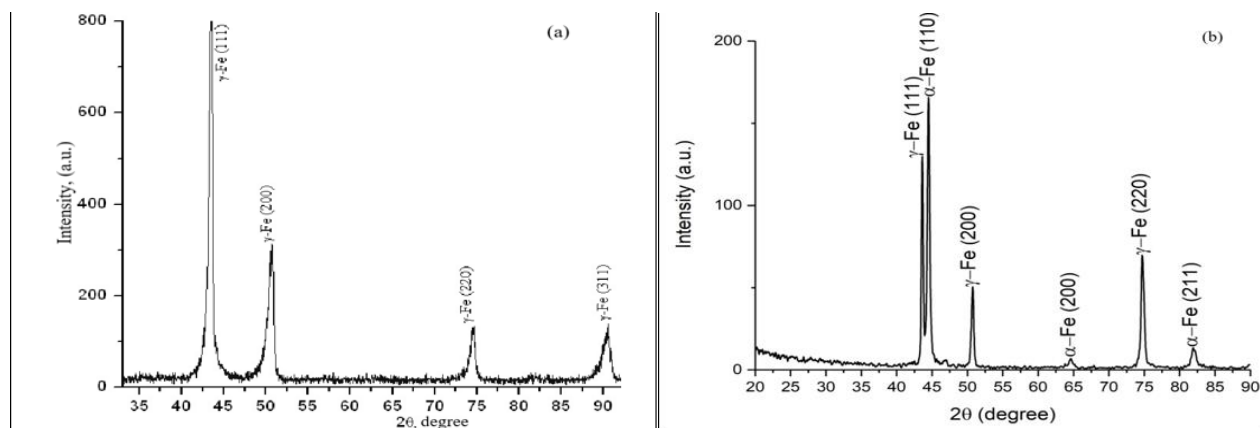


Рисунок 4- Рентгенофазовый анализа образцов 12Х18Н10Т: а) исходной образец, б) образец по режиму №3

Результаты структуры оптического микроскопа и рентгенофазового анализа образца №3, выбранного как самый твердый и износостойкий образец по итогам испытаний.

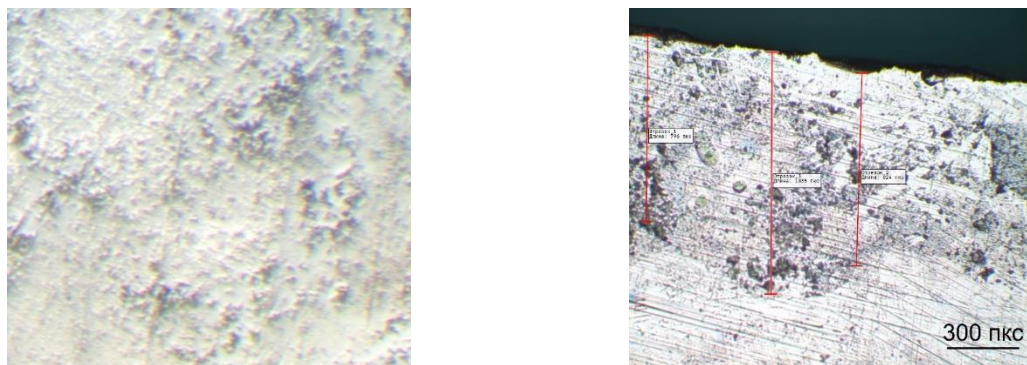


Рисунок 5 – Структура образца №3 после обработки ЭППУ а) поверхность, б) поперечное сечение

Выводы: Исследования подтверждают, что метод электролитно-плазменного поверхностного упрочнения значительно улучшает механические свойства материалов, в частности стали, за счет повышения твердости и износостойкости. Этот метод является экономически эффективным, экологически чистым и универсальным, с возможностью выполнения различных модификаций поверхности. Эти результаты подчеркивают потенциал метода ЭППУ для промышленного применения, открывая новые перспективы для улучшения свойств металлов и сплавов в машиностроении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беляев, О. Д. Экспериментальные исследования технологии ЭППУ на образце стали 12Х18Н10Т. Сборник научных трудов "Материаловедение в машиностроении", 2016, том 4, с. 32-40.
2. Макаров, К. В. Оптимизация процесса ЭППУ для улучшения свойств стали. Труды конференции "Материаловедение и металлургия", 2016, том 3, с. 78-85.
3. Андреев А.А., Саблев Л.П., Григорьев С.Н. Вакуумно-дуговые покрытия. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 318 с. 97
4. Mauer G., Vaßen R., Stöver D. Atmospheric plasma spraying of yttria stabilized zirconia coatings with specific porosity // Surface and Coatings Technology. – 2009. – Vol. 204(1-2). – P.172-179.
5. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. — М.: Наука, 1970. — 252 с.
6. Bauyrzhan Rakhadilov, Daur Kakimzhanov, Daryn Baizhan, Gulnar Muslimanova, Sapargali Pazylbek, Laila Zhurerova. Comparative Study of Structures and Properties of Detonation Coatings with α -Al₂O₃ and γ -Al₂O₃ Main Phases / Coatings 2021, 11, 1566. <https://doi.org/10.3390/coatings11121566>

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТАРЫН ЖОЛ ЖҰРУ ҚАУІПСІЗДІГІН ҰЙЫМДАСТЫРУДА ҚОЛДАНУДЫҢ КЕЙБІР ТӘСІЛДЕРІ

***Аңдатпа.** Бұл мақалада әуе патрульдерінде және жол-көлік оқиғаларын сараптамасында қолдануға баса назар аудара отырып, жол қозғалысын басқаруда дрондарды қолданудың әртүрлі жедел әдістері қарастырылады. Қазіргі уақытта жол қозғалысын басқару тәжірибесіне жаңа технологияларды енгізу өте маңызды, өйткені автомобильдендіру деңгейінің өсуімен бірге ЖКО саны артып келеді. Басқа елдердің жаңа технологиялары мен озық тәжірибелерін пайдалану жол-көлік оқиғасының алдын алу мен тергеуде жол полициясы жұмысының тиімділігін арттырады.*

***Түйін сөздер:** көлік, жол-көлік оқиғасы, жол, сараптама, дрон, патрульдеу.*

Қазақстан Республикасының автомобиль паркі үнемі өсіп келеді - 2023 жылдың 1 қыркүйекте жалпы жағдай бойынша Қазақстанда тіркелген автокөлік құралдарының саны 5 085 427 бірлікті құрады. Оның ішінде 4 472 375 - жеңіл автомобильдер, 507 547 - жүк автомобильдері, 105 505-автобустар. Бұл өсуді бірнеше факторлармен түсіндіруге болады, соның ішінде экономикалық даму, инфрақұрылымды жақсарту және өмір сүру деңгейін жақсарту. Автокөлік жүргізудің жалпы пайызы жыл сайын артып келеді, бұл автомобиль жолдарындағы апаттар санының артуына әкеледі.

2023 жылдың қаңтар–қараша айларында елімізде 13,2 мың жол-көлік оқиғасы тіркелді. ЖКО салдарынан ағымдағы жылдың қаңтар–қараша айларында ҚР-да 18,5 мың адам зардап шекті. Жараланғандардың саны 16,3 мың адам, оның ішінде 9,5 мың ер адам және 6,8 мың әйел; олардың ішінде кәмелетке толмағандар 3,7 мың адам болды. 8,4 мың адам ауруханаға жатқызылды. ЖКО - да 2,2 мың адам қаза тапты .

Адам шығынынан басқа, ЖКО көлік ағындары үшін қосымша жүктеме тудырады, бұл кідірістер мен кептелістерге әкеледі. ЖКО санын азайту үшін олардың алдын алу бойынша кешенді шаралар қолданылады, оған мыналар кіреді:

- Жол қозғалысы ережелерін қатаң сақтау;
- Инфрақұрылымды жақсарту (жол жамылғысының сапасын жақсарту, бағдаршамдар, жол белгілері және жол таңбалары сияқты техникалық құралдарды пайдалану);
- Жылдамдық шектеулерін және жол қозғалысын ынталандыру шараларын енгізу;
- Жол қозғалысы қауіпсіздігін тексеру және бағалау.

Бұл шаралар ЖКО алдын алудың дәстүрлі тәсілдері болып табылады, алайда ақпараттық технологияларды дамыту жол қозғалысы қауіпсіздігін ұйымдастыру саласындағы ғылымның жаңа жетістіктерін қолдануға мүмкіндік береді. Жаңа технологияларды қолданудың мысалы - жол полициясының жұмысында дрондарды қолдану.

ИКАО Ассамблеясы мақұлдаған анықтамаға сәйкес, «ұшқышсыз ұшу аппараты (дрон) - бұл ұшқышсыз әуе кемесі, ол бортында әуе кемесінің командирінсіз ұшуды орындайды және жерден басқа жерден, басқа әуе кемесінің бортынан, ғарыштан толық қашықтықтан басқарылады немесе бағдарламаланған және толығымен автономды».

Авиация сарапшылары ұшқышсыз ұшатын әскери зымырандардан басқа әуе кемелерінің үш негізгі түрін анықтайды:

- Қашықтан басқарылады;
- Бағдарламаланған және навигациялық жүйелерді басқарумен жұмыс істейді;
- Белгіленген ұшу шектеулерімен жасалған және қайталанатын түрде ұшады.

Дрондарды қолданудың негізгі бағыты ретінде бастапқы деректерді жинау және беру, сондай-ақ қашықтықтан мониторинг жүргізу көзделеді: аппараттардың шамамен 54% - ы осы жұмыстар үшін көзделген. Қолданудың екінші басым бағыты аэрология деп аталады: дрондардың шамамен 21% - ы жүктерді тасымалдауға бағытталған. Бұдан кейін сыртқы жұмыстарға арналған ҰҰА-лар: олардың үлесі 9% - ға бағаланады. Қалған бөлігі басқа салалардағы тапсырмаларды орындау үшін дрондардан тұрады.

Жол қозғалысы қауіпсіздігін ұйымдастыру саласындағы пилотсыз ұшу құралдары жолдарды патрульдеу және ЖКО тергеу үшін практикада қолданылады.

Жол патрульінде дрондарды пайдалану көптеген артықшылықтарға ие, соның ішінде тиімділікті, үнемділікті арттыру және қауіпсіздік шараларын күшейту. Әуе бақылауын қолдана отырып, құқық қорғау органдары дәстүрлі патрульге қарағанда әлдеқайда аз уақыт ішінде кең аумақтарды қамтуы мүмкін, бұл жол қозғалысы ережелерін бұзушылықтарды, жазатайым оқиғаларды және ықтимал қауіптерді тез анықтауға мүмкіндік береді.

Дрондардың көмегімен бақылау қарқындылығы жоғары жолдарда, оның ішінде Республикалық маңызы бар жолдарда жүзеге асырылады. Бірнеше шақырым радиуста дрон жол қозғалысы ережелерінің өрескел бұзылуын тіркейді, бұл туралы ақпарат оператордың қатты дискісінде сақталады. Оператордың регламенті бойынша дронды басқару мониториянда радиостанция бойынша бұзушы туралы барынша көп ақпарат беріледі, соның салдарынан жақын маңдағы патрульдік экипаж сигналға дереу жауап береді және ұстау шараларын қабылдайды. Дрон жол полициясының патрульдік көлігі көлік құралын тоқтатқанға дейін құқық бұзушыны бақылайды.

2021 жылдың 9 шілдесінде жол полициясы Қара теңіз жағалауында қарсы қозғалыс жолағына шығуға байланысты бұзушылықтарды анықтау үшін дрондарды қолданудың басталғанын хабарлады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын іске қосу гвардияның Рос аймақтық басқармаларымен бірлесіп жүзеге асырылады.

Мемлекеттік автоинспекция сайтында хабарланғандай, дрондардың көмегімен ЖҚЕ бұзушыларды анықтау бойынша рейдтік іс-шаралар "Анапа-Сукко" және "Юровка-Раевская-Новороссийск"автомобиль жолдарының

учаскелерінде жүргізіледі. Бірнеше күн жұмыс істеген кезде Ресей Федерациясының Әкімшілік кодексінің 12.15-бабының 4-бөлігі бойынша бес рет бұзылу (қарсы қозғалысқа арналған жол жүру ережесін бұза отырып шығу) және Ресей Федерациясының Әкімшілік кодексінің 12.15-бабының 5-бөлігі бойынша Ресей Федерациясының жол ережесін бір рет бұзу (әкімшілік кодекстің 12.15-бабының 4-бөлімінде қарастырылған әкімшілік құқық бұзушылықты қайта жасау Ресей Федерациясы).

2021 жылдың мамырында Адыгея Республикасы бойынша Жол полициясы жол қозғалысы ережелерін бұзушылықтарды анықтау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттары қалай қолданылатыны туралы айтты.

Адыгея мемлекеттік автоинспекциясының сайтында хабарланғандай, дрондарды пайдалану патрульдік автокөліктен әр бағытта 5 км-ден 10 км-ге дейінгі жол учаскесін бақылауға мүмкіндік береді. Егер құрылғы келе жатқан жолаққа шыққан көлікті байқаса, ол "автотүзетуді" жүзеге асырады және полиция оны тоқтатқанға дейін құқық бұзушыны бақылайды.

ШҚО полиция департаменті ЖКО - ның алдын алу мақсатында арнайы ұшқышсыз ұшу аппараттарын-дрондарды қолдана отырып, қарсы жолаққа шығу, басып озу, маневр жасау ережелерін бұзу, жылдамдық режимдерін асыра пайдалану сияқты жол қозғалысы ережелерін өрескел бұзушылықтарды анықтау үшін жасырын патрульдеуді қолданады. Анықталған бұзушылықтар одан әрі әкімшілік ықпал ету шаралары үшін патрульдеу бағдарындағы патрульдік полиция нарядтарына дереу беріледі.

Сонымен қатар, термобейнелеу технологиясымен жабдықталған дрондар түнгі патрульге жылу іздерін анықтау және жарық аз жағдайда адамдарды немесе көліктерді анықтау арқылы көмектесе алады. Бұл мүмкіндік құқық қорғау органдарының күш-жігерінің тиімділігін едәуір арттырады, әсіресе шалғай немесе жету қиын жерлерде.

Бақылау мен бақылаудан басқа, дрондарды апаттарды қалпына келтіру, жол инфрақұрылымын картаға түсіру және жолдар мен көпірлердің жағдайын бағалау үшін де пайдалануға болады.

Жол-көлік оқиғасы орын алған жағдайда, жол инспекциясы қызметкерлеріне болған жазатайым оқиғаны қайта құру және тергеу жүргізу қажет. Әрбір жол-көлік оқиғасын қоғамдық қауіпсіздік қызметінің қызметкерлері құжаттауы тиіс. Осы уақыт ішінде жол құлыптаулы қалады, көлік қозғалысы қиындайды және жол қозғалысының барлық қатысушылары үшін қауіп артады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарымен апатты қалпына келтіру оқиға болған жерді дәстүрлі құжаттауға қарағанда бірнеше есе аз уақытты алады (мысалы, тахеометрлер арқылы). Оқиға орындары толық ақпаратпен және сантиметрлік дәлдікпен 3D форматында сақталады.

Апатты тергеу оқиғаның негізгі себептерін анықтау, болашақ оқиғалардың алдын алу, қауіпсіздік шараларын жақсарту, заң талаптарын орындау және жолдардағы жалпы қауіпсіздікті арттыру үшін өте маңызды. ЖКО-ны тергеу және қайта құру үшін қазіргі заманғы технологиялар, атап айтқанда, арнайы жабдық түріндегі пайдалы жүктемемен жабдықталған

ұшқышсыз ұшу аппараттарын: визуалды, инфрақызыл, жылу бейнелеу камералары, lidar және жоғары дәлдіктегі позициялауға арналған RTK модульдерін қолдана отырып көмектеседі.

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері ЖКО-ны зерттеу мен қайта құрудың жаңа әдістері қолданыстағы дәстүрлі әдістерге қарағанда әлдеқайда жылдам, дәлірек және қауіпсіз деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

ЖКО тергеудің негізгі проблемаларының бірі оқиға орнында деректерді жинау және талдау болып табылады. Айтуынша, тергеушілер екі негізгі, бірақ бәсекелес мәселелерге тап болады:

- ақпаратты жинаудың ұқыптылығы мен ұзақтығы ақпаратты жинау,
- жолдағы қозғалысты мүмкіндігінше тез қалпына келтіру қажеттілігі.

Дәстүрлі әдістер бойынша апатты тіркеу тәжірибесінің мысалында сарапшылар келесі кемшіліктерге назар аударады:

- процедураны орындау үшін айтарлықтай уақыт-20 минуттан 1 сағатқа дейін-трассада немесе қала көшесінде "кептелістер" пайда болады,
- инспекторлардың жеке қасиеттері, ауа-райы жағдайлары және тергеу кезінде тәулік уақыты сияқты факторлардың теріс әсері,
- ЖКО орнына бармай-ақ қосымша деректер жинау мүмкіндігі жоқ,
- оқиғаны неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеу үшін адами ресурстардың, қаржы құралдарының және жабдықтардың жетіспеушілігі.

Бұл жағдайлар жаңа, жетілдірілген, қауіпсіз және арзанырақ зерттеу технологиялары мен әдістерін іздеуге итермелейді. Бүгінде олар цифрлық технологияларды, соның ішінде Цифрлық кескінді өңдеуді, компьютерлік көру технологияларын (атап айтқанда, ауқымды инвариантты белгілерді трансформациялау (scale-invariant feature transform, SIFT) және жасанды интеллектті дамытумен байланысты. Компьютерлік көру технологиясымен, сондай – ақ фотограмметрия әдістерімен қозғалыстан құрылымды талдау әдістемесі де байланысты (structure from motion analysis-SfM). Бірақ егер ақпарат жинау әлі де жерде болса, бұл жеткіліксіз болар еді.

Фотограмметрия әдісі қазірдің өзінде белгілі бір таралуға ие болды, тіпті ішінара танылды, өйткені оның негізінде технологиялар мен әдістерді қолданудың басқа салаларында бірқатар таныстар бар. Фотограмметриялық әдіс пайдаланудың қарапайымдылығы, уақытты үнемдеу және ақпараттың жоғары сапасы үшін бағаланады. Фотограмметрия, егер кеңірек анықталса, тиісті техника мен бағдарламалық құралдардың көмегімен сәйкесінше жасалған фотосуреттерді пайдаланып нысандардың пішінін, өлшемдерін, орнын және басқа параметрлерін анықтауға көмектеседі.

Алайда, фотограмметрия әдістерін және LiDAR модулін қолдана отырып қарастырылатын әдісті кеңінен қолдану үшін процедуралық және техникалық сипаттағы түсініктемелер қажет. Біріншісі тергеу әрекеттері үшін фотограмметрияны қолданудың негізділігі және оның нәтижелерін сотта дәлелді негіз ретінде пайдалану мүмкіндігі сияқты маңызды мәселеге қатысты. Екінші мәселе әртүрлі тиісті құралдар мен жеткілікті Күрделі жабдықтарды қолдануға, сондай-ақ тиісті персоналды даярлауға қатысты.

Қазақстан жол қауіпсіздігін ұйымдастыру жөніндегі өз жұмыстарында

технологиялық жетістіктерді пайдалануды жалғастырып жатқандықтан, жол полициясының жұмысына дрондарды енгізу қоғамдық қауіпсіздікті арттырудағы маңызды қадам болып табылады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, билік жолдардағы мәселелерді белсенді түрде шеше алады, жауап беру уақытын қысқартады және сайып келгенде, барлық азаматтар үшін тиімдірек және қауіпсіз көлік желісін құра алады.

Қорытындылай келе, Қазақстандағы жол қозғалысы мен қауіпсіздікті басқару бойынша дрондардың интеграциясы жол жағдайлары мониторингінің тиімділігін арттыру үшін перспективалы әлеуетті көрсететінін атап өтеміз. Технология дамып келе жатқандықтан, дрондарды осы мақсатта пайдалану елдегі жалпы қауіпсіздік пен көлік жүйелерін жақсартуға айтарлықтай ықпал етуі мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Е.А. Ландо Автомобильные дороги и уровень автомобилизации: журнал Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури – 2013.
2. Использование беспилотных летательных аппаратов для выявления нарушений ПДД в России/ https://www.tadviser.ru/index.php/Использование_беспилотных_летательных_аппаратов_для_выявления_нарушений_ПДД_в_России
3. Полицейские патрулируют дороги ВКО с помощью дронов/ <https://yk.kz/news/avto/policzejskie-patruliruyut-dorogi-vko-s-pomoshhyu-dronov-313216.html>
4. Процесс реконструкции ДТП с помощью Mavic 3 Enterprise/ https://www.drone.com.kz/events/protsess_rekonstruktsii_dtp_s_pomoshchyu_mavic_3_enterprise/
5. Применение дронов для расследования и реконструкции дорожно-транспортных происшествий/ <https://dji-blog.ru/naznachenie/primery-primeneniya/primeneniye-dronov-dlja-rassledovaniya-i-rekonstrukcii-dorozhno-transportnyh-proisshествij.html>

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ ЖАЙРЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Современный научно-технический прогресс требует увеличения производства цветных и редких металлов и повышения их качества. При этом содержание ценных компонентов в рудах из года в год неуклонно снижается, поэтому в переработку вовлекаются труднообогатимые, шламистые и тонковкрапленные руды.

Свинцово-цинковые руды, как правило, содержат 2 основных полезных компонента — свинец и цинк. Руды с преобладающим содержанием свинца встречаются реже. К основным компонентам на многих месторождениях свинца и цинка относится также сульфидная сера, служащая одним из важных источников получения серной кислоты, а на некоторых и барит, используемый в основном в качестве утяжелителя буровых растворов.

Ключевые слова: руда, минеральный состав, полиметаллические, месторождение, свинец, цинк, флотация.

Минеральный состав полиметаллических руд весьма сложный. В большинстве случаев основная масса металлов представлена сульфидными минералами. Наряду с ними, в том или ином количестве, всегда присутствуют окисленные минералы, такие как малахит, азурит, церуссит, смитсонит, а иногда, в малом количестве, силикатные минералы, как хризосола, каламин и др. В этой связи полиметаллические руды являются наиболее труднообогатимыми в технологическом плане.

Руды характеризуются весьма тонкой вкрапленностью и тесным взаимным проращением сульфидов. Кроме того, сульфидные минералы взаимно влияют друг на друга, определяя флотационное поведение в отдельных технологических операциях [9].

Основу минерально-сырьевой базы свинцово-цинковой промышленности составляют колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая, разрабатываемые предприятием ТОО «Казцинк». Высокая эффективность разработки полиметаллических месторождений достигается благодаря комплексному использованию руд, с извлечением свинца, цинка, меди, золота, платиноидов и редких элементов. Обеспеченность запасами разрабатываемых месторождений не превышает 25 лет. Почти вся свинцово-цинковая продукция Казахстана направляется на внешний рынок.

Свинец и цинк принадлежат к группе халькофильных элементов, среднее содержание в земной коре свинца составляет 0,0015 %, цинка — 0,0084 %. В природе известно более 300 минералов, содержащих свинец, и более 150 — цинк. Главнейшими минералами свинца и цинка являются сульфиды, сульфосоли и карбонаты.

Таблица 1 – Минералогический состав месторождения Жайрем

Наименование минералов	Химический состав и формула	Содержание минерала, %	Плотность минерала, г/см ³
Минералы свинца			
Галенит	PbS	86,6	7,57
Плюмбоярозит	PbFe ₆ (SO ₄) ₄ (OH) ₁₂	19,22	3,67
Церуссит	PbCO ₃	77,5	6,55
Англезит	PbSO ₄	68,3	6,56
Пироморфит	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	76,1	7,04
Бурнонит	PbCuSb ₃	42,5	5,93
Буланжерит	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	55,4	6,21
Ванадинит	Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl	73,1	6,88
Вульфенит	PbMoO ₄	51,5	6,57
Минералы цинка			
Сфалерит	ZnS	67,0	4,08
Смитсонит	ZnCO ₃	51,9	5,68
Каламин	Zn ₄ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂ *H ₂ O	52,6	3,98-4,09
Цинкит	ZnO	80,2	4,43
Виллемит	Zn ₂ SiO ₄	58,4	3,3-3,35
Вюртцит	ZnS	67,0	4,00
Гидроцинкит	Zn ₅ (OH) ₆ (CO ₃) ₂	59,3	4,20

Свинец и цинк обычно в природе встречаются совместно, вследствие чего месторождения этих металлов часто называют полиметаллическими. На долю главных минералов свинца и цинка приходится свыше 90 и 95 % запасов и добычи соответственно. По содержанию основных компонентов свинцово-цинковые руды подразделяются на: богатые руды с содержанием свинца и цинка выше 3% или с суммарным содержанием свинца и цинка выше 6%; бедные руды с содержанием свинца 1,3-2% или суммарного свинца и цинка 2-5%. Промышленностью иногда используются руды и с более низким содержанием свинца и цинка, если целесообразность их переработки обоснована соответствующими технико-экономическими расчетами. По степени окисления руды полиметаллических месторождений подразделяются на три типа: сульфидный, смешанный и окисленный. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу служит процентное содержание свинца и цинка в оксидной форме.

Таблица 2 – Результаты химического анализа пробы

Элементы	Массовая доля в руде, %	Элементы	Массовая доля в руде, %
SiO ₂	50,3	Pb	0,86
Al ₂ O ₃	6,05	Cu	0,05
CaO	2,3	Ni	0,003
K ₂ O	1,85	Sb	0,004
Na ₂ O	1,0	As	0,07
MgO	0,40	Cd	0,02
MnO	0,40	Cr	0,005
P ₂ O ₅	0,06	Co	0,005
TiO ₂	0,25	Mo	0,001
C _{общ}	1,12	Ba	5,43
Fe _{общ}	6,9	W	0,045
S _{общ}	10,5	Sr	0,026
Zn	5,82	Au, г/т	0,05
CO ₂	1,72	Ag, г/т	30,5

В результате исследований обогатимости сульфидной Pb-Zn месторождения «Жайрем» методами флотации было установлено, что обогащение происходит эффективно и предобогащенная руда должна перерабатываться по селективной флотационной схеме обогащения с двухстадиальным измельчением. Оптимальная крупность измельчения руды первой стадии флотации составляет 60% -0,071 мм, для второй – 90% -0,071 мм. Измельчение черновых концентратов перед перечистными операциями не требуется. Отмытые от исходной руды шламы должны обогащаться в отдельном цикле с последующим направлением коллективного концентрата в цикл рудного измельчения. Рекомендуемая схема флотационного обогащения для сульфидной Pb-Zn руды должна включать:

- в свинцовом цикле – межцикловую флотацию с выводом «свинцовой головки», основную, две контрольных и три пречистных операции;
- в цинковом цикле – основную, контрольную и две пречистных операции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Польшкин С.И. Обогащение руд редких и цветных металлов [Текст] / Польшкин С.И., Адамов Е.В. – М.: Недра, 1975. - С. 403-408.
- 2 Отчет по результатам исследований на обогатимость пробы окисленной полиметаллической руды месторождения «Западный» АО «Жайремского ГОК», ТОО «Казцинк», Зыряновск, 2011 г.

3 Технологический регламент для проектирования обогатительной фабрики по переработке руд месторождения «Жайрем», Институт ТОМС, Иркутск, 2016 г.

4 Отчет о НИР «Изучение технологических свойств проб руды месторождения «Жайрем» с целью выбора технологии их переработки и разработки регламента на проектирование обогатительной фабрики производительностью 5 млн. т руды в год», Том 1. «Этап 1. Исследование вещественного состава проб руды», Институт ТОМС, Иркутск, 2016 г.

5 Отчет о НИР «Изучение технологических свойств проб руды месторождения «Жайрем» с целью выбора технологии их переработки и разработки регламента на проектирование обогатительной фабрики производительностью 5 млн. т руды в год», Том 2. «Этап 2. Изучение физико механических свойств проб руды», Институт ТОМС, Иркутск, 2016 г.

6 Отчет о НИР «Изучение технологических свойств проб руды месторождения «Жайрем» с целью выбора технологии их переработки и разработки регламента на проектирование обогатительной фабрики производительностью 5 млн. т руды в год», Том 3. «Этап 3. Исследования обогатимости проб руды тяжелосредной сепарацией», Институт ТОМС, Иркутск, 2016 г.

7 Отчет о НИР «Изучение технологических свойств проб руды месторождения «Жайрем» с целью выбора технологии их переработки и разработки регламента на проектирование обогатительной фабрики производительностью 5 млн. т руды в год», Том 4. «Этап 4. Исследование обогатимости проб руды гравитационными и флотационными методами обогащения», Институт ТОМС, Иркутск, 2016 г.

УДК 517.91

Смирнов А.А.(21-МК-1), Саханова Ж.А., Еликбай Т.(22-ММА-2т),
Рахметуллина Ж.Т.(к.ф.-м.н., ВКТУ), Мухамедова Р.О.(ст. преподаватель,
ВКТУ)

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ

Аннотация. В данной статье рассматривается задача о движении материальной точки в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха. Решение данной задачи осуществляется с использованием численных методов, так как аналитическое решение представляет собой сложную систему дифференциальных уравнений. Применение численных методов позволяет нам исследовать поведение системы в широком диапазоне условий.

Ключевые слова: движение материальной точки, сопротивление воздуха, численные методы, метод Эйлера, MATLAB, R.

Введение. Движение материальной точки в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха является классической задачей в физике и инженерии. Понимание этого движения играет важную роль в различных областях, включая аэродинамику, механику и астрономию. Однако, аналитическое решение данной задачи часто оказывается сложным или даже невозможным из-за наличия нелинейных зависимостей и сложных условий.

В случаях, когда аналитический подход достаточно затруднителен или неприменим, исследователи обращаются к численным методам. Эти методы позволяют аппроксимировать решение задачи путем дискретизации пространства и времени и итеративного вычисления значений интересующих параметров. Такой подход открывает возможность исследования поведения системы в широком диапазоне условий и параметров, что является ключевым в современной науке и инженерии.

В данной статье мы обратимся к численным методам для решения задачи о движении материальной точки в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха. Мы покажем, как метод Эйлера [1] может быть применен для численного моделирования такой системы и как результаты этой модели могут быть реализованы с использованием программных инструментов, таких как MATLAB и язык R. Рассмотрение этой задачи позволит нам продемонстрировать применение численных методов в физических приложениях и показать их значимость в научном и инженерном сообществе.

Таким образом, в данной статье мы сосредоточимся на численном решении сложной физической задачи, представляющей интерес для широкого круга исследователей и инженеров.

Математическая постановка задачи. Предположим, у нас есть материальная точка массой $m=1$, которая находится в поле силы тяжести. Кроме того, существует сила сопротивления воздуха с коэффициентом $k=0.1$, которая пропорциональна квадрату скорости материальной точки и направлена противоположно скорости. Наша задача - численно решить уравнения движения материальной точки и определить ее траекторию [2].

Численное решение. Для численного решения данной задачи мы применяем метод Эйлера [3], который основывается на дискретизации времени и аппроксимации производных скорости.

Шаги численного метода:

1. Задаем начальные условия: Мы начинаем с задания начальной скорости $v(0)=v_0$, которая обозначает начальное состояние системы.

2. Инициализируем переменные: Устанавливаем начальное время $t=0$ и начальную скорость $v=v_0$. Эти переменные будут использоваться в дальнейших вычислениях.

3. Вычисляем силу сопротивления: Сила сопротивления воздуха F_D зависит квадратично от скорости и определяется выражением

$$F_D = kv^2,$$

где k - коэффициент сопротивления, который зависит от характеристик среды и формы объекта.

4. Вычисляем ускорение: Ускорение a определяется как разность силы сопротивления и силы тяжести, деленной на массу точки: $a = \frac{F_D - F_g}{m} - g$, где F_g – сила тяжести равная mg .

5. Вычисляем новую скорость: Новая скорость v вычисляется путем добавления ускорения, умноженного на интервал времени Δt , к предыдущей скорости:

6.

$$v = v + a \cdot \Delta t.$$

7. Обновляем время: Увеличиваем значение времени t на интервал времени Δt , чтобы перейти к следующему временному шагу:

$$t = t + \Delta t.$$

8. Повторяем шаги 3-6 до достижения заданного времени: Продолжаем повторять эти шаги до тех пор, пока значение времени не достигнет предварительно установленного конечного времени или до тех пор, пока не будет выполнено другое условие останова.

Этот цикл повторяется для каждого временного шага, обновляя скорость и время на каждой итерации. Таким образом, мы моделируем движение материальной точки и аппроксимируем ее траекторию на каждом шаге времени. Визуализация решения данной задачи на языке MATLAB можно наблюдать на рисунке 1, а на языке R на рисунке 2.

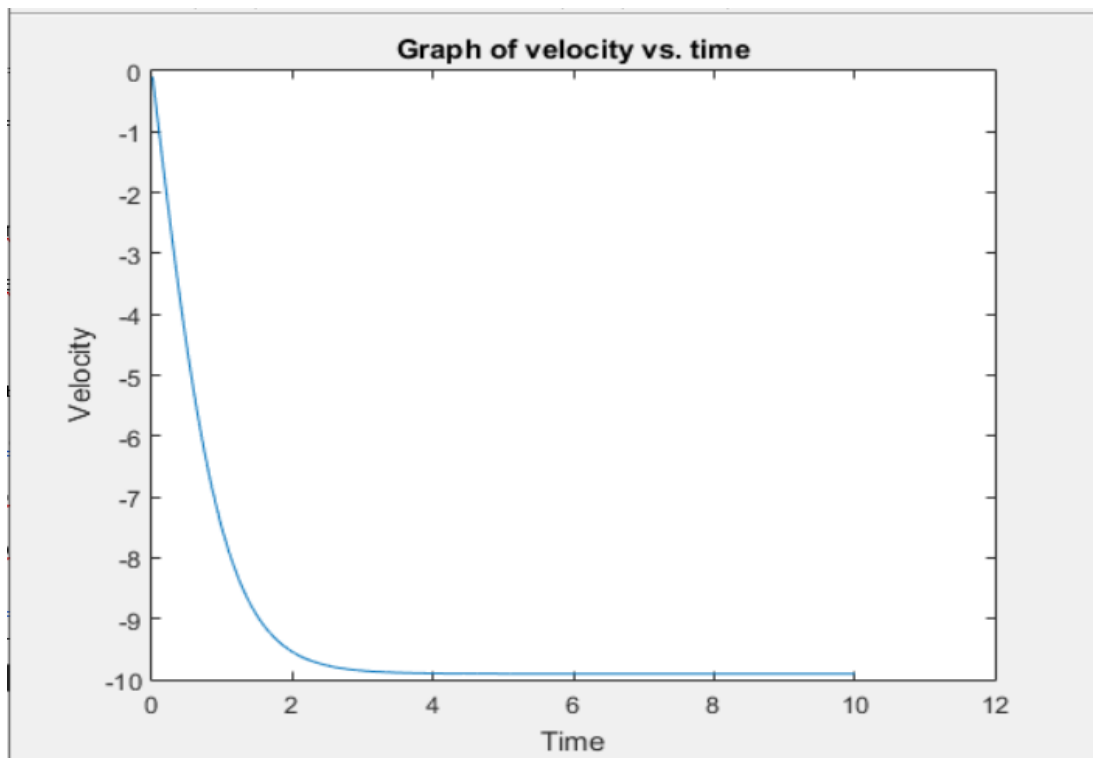


Рисунок 1-Вывод полученные при запуске программы на языке MATLAB.



Рисунок 2-Вывод полученные при запуске программы на языке R.

Заключение. В данной статье мы рассмотрели численное решение задачи о движении материальной точки в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха с использованием метода Эйлера. Мы продемонстрировали, как численные методы могут быть эффективно применены для моделирования сложных физических явлений и исследования их поведения в различных условиях.

Важным аспектом нашего исследования было использование программных инструментов для реализации численного решения. Мы показали, что как MATLAB, так и язык R предоставляют удобные средства для программирования и анализа данных, что делает их идеальным выбором для работы с численными методами в физике и инженерии. Программы, разработанные на этих языках, позволяют исследователям проводить численные эксперименты, анализировать результаты и делать выводы о поведении системы.

Мы надеемся, что представленное в данной статье решение станет полезным ресурсом для студентов, исследователей и практикующих инженеров, интересующихся применением численных методов в физических науках. Результаты нашего исследования могут быть использованы в образовательных целях или в качестве основы для дальнейших исследований в области численной физики и инженерии.

Таким образом, представленная статья подчеркивает важность численных методов в современной науке и инженерии и показывает их практическое применение с использованием таких инструментов, как MATLAB и язык R.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Н.М. Матвеев. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. 2019 г.
2. К.К. Пономарев. Составление дифференциальных уравнений. 1973 г.
3. Т.Шуп. Решение инженерных задач на ЭВМ. 1982 г.

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУДІҢ ОПЕРАТОРЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

***Аңдатпа.** Операторлық әдістер ықтималдық теориясы, кванттық механика, электродинамика және т.б. сияқты ғылымның әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Олар күрделі есептерді аналитикалық өрнектермен немесе сандық әдістермен шешуге мүмкіндік береді. Мақалада Лаплас операторы, Фурье әдісі, сызықтық емес дәрежелер бойынша жіктеу әдісі, вариациялық есептеу әдісі, операторды интеграциялау әдісі, тұрақты коэффициенттері бар сызықтық дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдістеріне қысқаша шолып, операторлық әдістер дифференциалдық теңдеулерді шешудің қуатты құралы болып табылатындығын және жалпы шешімді табу процесін едәуір жеңілдетуге мүмкіндік беретіндігін қарастырамыз.*

***Түйін сөздер:** операторлық әдіс, дифференциалдық теңдеулер, Лаплас операторы, операторды интеграциялау әдісі, тұрақты коэффициенттері бар сызықтық дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдісі.*

Дифференциалдық теңдеулерді шешуде теңдеудің аналитикалық немесе жуықтау шешімін табуға мүмкіндік беретін әртүрлі әдістер кеңінен қолданылады. Осындай әдістердің бірі – дифференциалдау және интеграциялау операторларын қолдануға негізделген операторлық әдіс. Оның көмегімен теңдеудің шешімін функционалдық тәуелділіктерге дифференциалдық операторларды дәйекті қолдануға дейін қысқартуға болады. Дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдістері математика мен физикадағы ең қуатты құралдардың бірі болып табылады. Бұл әдістер функцияларға әсер ететін және дифференциалдық теңдеуді қарапайым түрге келтіруге мүмкіндік беретін операторларды қолдануға негізделген.

Операторлық әдістерді қолдану дифференциалдық теңдеудің аналитикалық шешімін тауып қана қоймай, оны талдауға мүмкіндік береді: оның қасиеттерін, тұрақтылығы мен тұрақтылығын зерттеу. Сонымен қатар, бұл әдістер күрделі жүйелерді модельдеуге және жақын шешімдерді құруға жаңа тәсілдер жасауға кең әлеуетке ие. [1]

Дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдістерін білу математика, физика немесе инженерия саласында жұмыс істейтіндердің барлығына қажет екенін атап өтуге болады. Олар бізге құбылыстардың табиғатын түсінуде және күрделі процестерді сипаттау үшін жаңа модельдер жасауда жаңа мүмкіндіктер ашады.

Дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдістеріне кіріспе. Дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдістері күрделі дифференциалдық теңдеулердің шешімдерін талдау мен табудың қуатты құралы болып табылады. Осы әдістерге кіріспе дифференциалдық теңдеулерді шешу үшін операторларды қолданудың принциптері мен негізгі тәсілдері туралы негізгі түсінік алуға мүмкіндік береді.

Операторлар функцияларға әсер ететін және туындылар мен функцияның өзі арасындағы байланысты сипаттауға мүмкіндік беретін математикалық объектілер. Ең танымал операторлардың бірі - функцияның екінші туындысымен байланысты Лаплас операторы. Операторлық әдістер дифференциалдық теңдеулерді операторлық теңдеулерге түрлендіру үшін қолданылады, бұл оларды шешудің әртүрлі әдістері мен әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

Лаплас операторы $x_1, x_2, \dots, x_n$ айнымалыларынан тәуелді $u(x_1, x_2, \dots, x_n)$ функциясына

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + \dots + \frac{\partial^2 u}{\partial x_n^2} \quad (1)$$

(1) функциясын сәйкес келтіретін Δ сызықты дифференциал операторы. $\Delta u = 0$ теңдеуін Лаплас теңдеуі деп атайды.

Операторлық әдістерге шешімдер әдістері, спектрлік әдістер, Фурье әдістері, айнымалыларды ауыстыру әдістері және басқалары кіреді. Олардың әрқайсысы өз артықшылықтарын береді және белгілі бір жағдайларда тиімді болуы мүмкін. Мысалы, Фурье әдісі тұрақты коэффициенттері бар теңдеулерді шешу үшін қолданылады, ал айнымалыларды ауыстыру әдісі теңдеуді қарапайым түрге дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Тұрақты коэффициенттері бар сызықтық дифференциалдық теңдеулерді шешудің операторлық әдісі дифференциалдық теңдеулер теориясының негізгі құралдарының бірі болып табылады. Бұл әдіс дифференциалдық операторларды қолдануға және осы операторларды белгілі бір функцияға қолдану арқылы дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімін табуға негізделген. Тұрақты коэффициенттері бар теңдеулер үшін оператор әдісі дифференциалдық теңдеуді алгебралық теңдеулер жүйесімен алмастыруға мүмкіндік береді, бұл оны шешуді едәуір жеңілдетеді. Ол дифференциалдық операторларды теңдеудің жалпы шешіміне қолдануға және осы шешім бастапқы шарттарды қанағаттандыратын осындай тұрақтыларды табуға негізделген. Бұл әдіс физика, инженерия және экономиканы қоса алғанда, ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады.[2] Мысалы, $x(1)=1$, $x'(1)=-1$ бастапқы шарттарды қанағаттандыратын келесі дифференциалдық теңдеудің шешімін табайық:

$$x'' + 2x' + x = 2e^{1-t} \quad (2)$$

Бастапқы шарттар $t_0 = 1 \neq 0$ -де анықталған. Біз жаңа $\tau = t - 1$ тәуелсіз айнымалыны енгіземіз. Жаңа айнымалының $y(\tau) = x(\tau+1) = x(t)$ функциясын қарастырамыз. $Y(\tau)$ функциясы үшін t айнымалысы бойынша бірінші және екінші туындыны $y(\tau)$ $\tau = \tau(t)=t-1$ болатын t айнымалысы бар күрделі функция арқылы табамыз.

$$\begin{aligned} x(t) &= y(\tau), t = \tau + 1, y(0) = x(1) = 1, y'(0) = x'(1) = -1, \\ x'(t) &= y'_t(\tau(t)) = y'_\tau(\tau)\tau'_t(t) = y'_\tau(\tau) & \text{мұндағы, } \tau'_t(t) &= (t-1)' = 1 \\ x''(t) &= (y'_\tau(\tau))'_t = y''_{\tau\tau}(\tau)\tau'_t(t) = y''_{\tau\tau}(\tau) \end{aligned} \quad (3)$$

Дифференциалдық теңдеу келесідей түрге келеді:

$$y''(\tau) + 2y'(\tau) + y(\tau) = 2e^{-\tau}, y(0) = 1, y'(0) = -1 \quad (4)$$

$Y(\tau)$ функциясының туындысынын бейнесін табамыз:

$$\begin{aligned} \bar{y} &\xrightarrow{\cdot} y(\tau), \\ p\bar{y} - 1 &\xrightarrow{\cdot} y'(\tau), \\ p^2\bar{y} - p + 1 &\xrightarrow{\cdot} y''(\tau) \end{aligned} \quad (5)$$

Бейнеленген теңдеуді жазамыз:

$$p^2\bar{y} - p + 1 + 2(p\bar{y} - 1) + \bar{y} = 2\frac{1}{p+1} \quad (6)$$

Шешімін табамыз:

$$\begin{aligned} (p^2 + 2p + 1)\bar{y} &= 2\frac{1}{p+1} + p + 1 \\ \bar{y} &= \frac{2}{(p+1)^3} + \frac{1}{p+1} \\ y(\tau) &= (\tau^2 + 1)e^{-\tau} \end{aligned} \quad (7)$$

Бастапқы айнымалымен алмастырамыз: $\tau = t - 1$, $y(\tau) = x(\tau + 1)$, $\rightarrow y(t - 1) = x(t)$.

$$x(t) = (t^2 - 2t + 2)e^{1-t} \quad (8)$$

(8) теңдеудің соңғы шешімі болып табылады.

Сызықтық дифференциалдық оператор арқылы есепті шешудің мысалдары
Егер L - сызықтық n ретті дифференциалдық операторын енгізілсе, теңдеуді қысқаша $L[y] = f(x)$ түрінде жазуға болады: мұндағы,

$$L[y] \equiv y^{(n)} + p_1(x)y^{(n-1)} + \dots + p_{n-1}(x)y' + p_n(x)y \quad (9)$$

Сызықтық дифференциалдық оператордың негізгі екі қасиеті бар:

1) тұрақты көбейткіш сызықтық оператор таңбасының сыртына шығарылады:

$$L[Cy] \equiv CL[y] \quad (10)$$

2) Оператордың $y_1(x)$ және $y_2(x)$ функцияларының қосындысына әсері, бұл функцияларға жеке-жеке әсерлерінің қосындысына тең:

$$L[y_1 + y_2] \equiv L[y_1] + L[y_2] \quad (11)$$

Оператордың 1) және 2) қасиеттерінен келесі теңдік алынады:

$$L[\sum_{i=1}^m C_i y_i] \equiv \sum_{i=1}^m C_i L[y_i] \quad (12)$$

Сызықтық емес дифференциалдық теңдеулерге операторлық әдістерді қолдану математика мен физикадағы маңызды тәсіл болып табылады. Операторлық әдістер сызықтық емес дифференциалдық теңдеулердің әр түрлі типтері үшін аналитикалық немесе жуықтау шешімдерін алуға мүмкіндік береді.

Оператордың ең тиімді әдістерінің бірі - сызықтық емес дәрежелер бойынша жіктеу әдісі. Бұл әдіс арқылы теңдеу сызықтық және сызықтық емес бөліктерге жіктеледі және олардың әрқайсысы бөлек шешіледі. Сызықтық теңдеуді Фурье әдістері немесе айнымалысын ажырату әдістері сияқты белгілі әдістерді қолдану арқылы шешуге болады. Теңдеудің сызықтық емес бөлігі итерациялық әдістер мен жуықталған шешімдерді қолдану арқылы шешіледі.

Тағы бір тәсіл - вариациялық есептеу әдісі. Бұл әдісте теңдеу қажетті функцияға және оның туындыларына байланысты функционал ретінде қарастырылады. Шешім берілген шекаралық шарттарды қанағаттандыратын экстремалды функционалдылық ретінде ізделеді. Сызықтық емес теңдеулер үшін аналитикалық шешімді осы әдіспен табу әрдайым мүмкін емес, сондықтан жуықтау шешімін алу үшін сандық әдістер жиі қолданылады.

Дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешудің операторлық әдістері күрделі дифференциалдық теңдеулер жүйесін талдау мен шешудің қуатты құралы болып табылады. Бұл әдістердің негізінде дифференциалдық теңдеулерді алгебралық теңдеулерге түрлендіретін операторлар жатыр.

Ең танымал оператор әдістерінің бірі – жіктеу әдісі. Ол дифференциалдық теңдеулер жүйесінің шешімін біртекті теңдеу шешімдерінің қосындысы және біртекті емес теңдеудің нақты шешімі ретінде ұсынуға негізделген. Шешім барысында дифференциалдау және функцияларға көбейту операторлары қолданылады.

Тағы бір әдіс - операторды бөлу әдісі. Бұл дифференциалдық теңдеулердің бастапқы жүйесін кішірек өлшемдегі теңдеулер жүйесіне азайтуға мүмкіндік береді. Бұл оператордың бөлінуін қолданады: теңдеулер жүйесі басқа теңдеулер жүйесіне бөлініп, белгісіз саны аз жаңа теңдеулер жүйесін шығарады.

Операторды интеграциялау әдісін де атап өткен жөн. Бұл әдісте интегралдарды қолдану дифференциалдық теңдеулер жүйесінің жалпыланған шешімін табуға мүмкіндік береді. Интегралдау және саралау операторлары жүйені интегралдық теңдеуге түрлендіру үшін қолданылады, содан кейін ол шешіледі.

Операторлық әдістер дифференциалдық теңдеулерді шешудің қуатты құралы болып табылады. Олар жалпы шешімді табу процесін едәуір жеңілдетуге және шешімнің шағын көрінісін алуға мүмкіндік береді.

Операторлық әдістерді қолданудың кең таралған мысалдарының бірі - тұрақты коэффициенттері бар екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеуді шешу. Бұл жағдайда ауыстырудың операторлық әдісін қолдануға болады. Ол

бастапқы теңдеуді оператормен ауыстырудан тұрады, содан кейін алынған оператор теңдеуін қарапайым тәсілдермен шешуге болады.

Тағы бір мысал - сызықтық дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу. Операторлық әдістердің көмегімен оператордың дифференциалдық теңдеуіне өтіп, жүйенің жалпы шешімін алуға болады. Бұл есептеулер санын едәуір азайтуға және шешімді жеңілдетуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Көлекеев К. Д., Назарова К. Ж. Дифференциалдық теңдеулер: Оқулығы. - Алматы: ЖШС //РПБК “Дәуір”, 2012. - 216 бет.
2. Плескунов, М. А. Операционное исчисление : учебное пособие – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 143, [1] с.
3. Steinberg S. Lie series and nonlinear ordinary differential equations //Journal of mathematical analysis and applications. – 1984. – Т. 101. – №. 1. – С. 39-63.
4. Sidorov A. F., Shapeev V. P., Ianenko N. N. The method of differential relations and its applications in gas dynamics //novosibirsk izdatel nauka. – 1984.
5. Коняева Е.С., Раздабарина Ю.А. Comparative analysis of numerical methods for solving differential equations and the cauchy problem // аллея науки. 2018. Т. 1. № 4 (20). С. 20-22.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ЛАБОРАТОРИИ "SMART-ТЕХНОЛОГИИ АВТОМОБИЛЕЙ" И LIDAR

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния исправного технического состояния автомобилей на безопасность дорожного движения с использованием данных лаборатории "SMART-ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМОБИЛЕЙ" в мастерской имени Лу Бань и датчиков LiDAR. Исследование фокусируется на анализе параметров технического состояния автомобилей, таких как системы торможения, управления и безопасности, и их воздействия на обнаружение и предотвращение дорожных происшествий с использованием LiDAR-технологии. Результаты исследования могут быть полезны для разработки инновационных методов обеспечения безопасности на дорогах и оптимизации технического обслуживания транспортных средств.

Ключевые слова: техническое состояние автомобилей, аварийность, LiDAR, автопилот, состояние шин.

Развивающиеся технологии и постоянно ужесточающиеся стандарты безопасности в области автотранспорта стимулируют автопроизводителей к созданию передовых систем, включая технологию предупреждения о столкновениях. Эта система предоставляет водителям возможность снизить риск столкновения с другими транспортными средствами, пешеходами или велосипедистами. На низких скоростях (обычно до 30 км/ч, в зависимости от конфигурации системы в конкретном автомобиле), она даже может предотвратить аварию. В случае обнаружения потенциального столкновения эти системы уведомляют водителя, обычно используя звуковые сигналы. Если водитель не реагирует, система автоматически применяет экстренное торможение. Прогнозы EURO NCAP, организации по тестированию безопасности автомобилей, свидетельствуют о том, что внедрение систем экстренного торможения может уменьшить количество аварий на 38%. Неисправности в техническом состоянии автомобилей становятся фактором, вызывающим примерно 10% всех дорожно-транспортных происшествий, включая инциденты, связанные с техническими неисправностями (рисунок -1) [1].

Согласно отчету TechSci Research о рынке автомобильных датчиков LiDAR, мировой сегмент этой отрасли в последние годы заметно увеличился и претерпел значительные изменения под воздействием различных факторов, трансформирующих автомобильную индустрию.

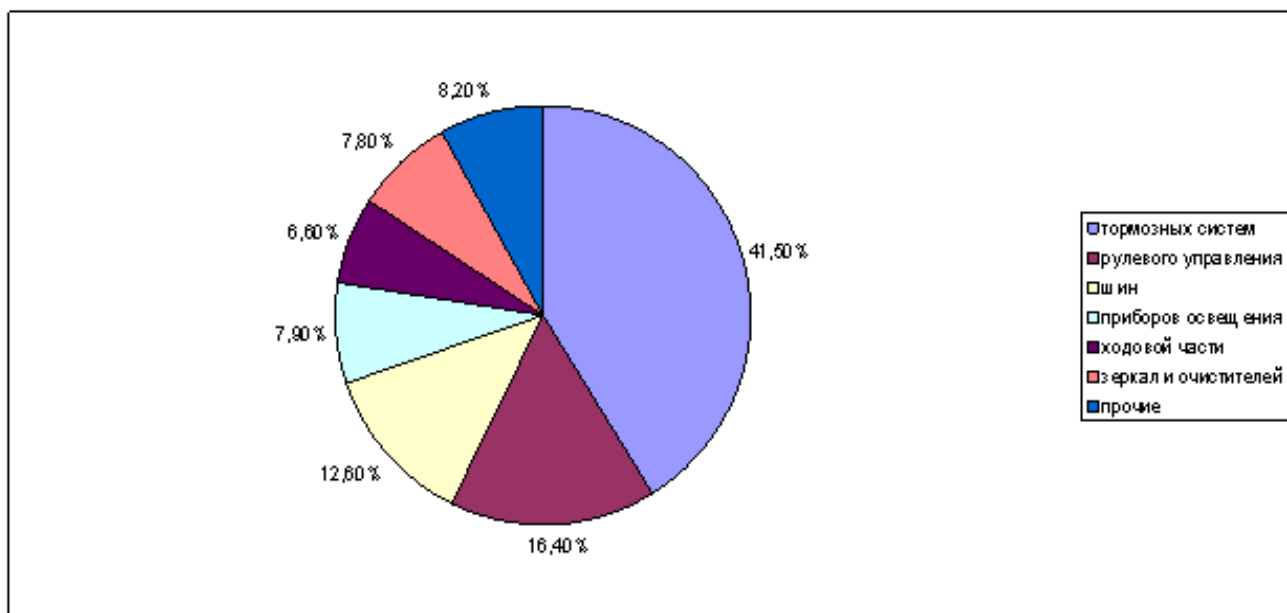


Рисунок 1-Виды технических неисправностей транспортного средства

LiDAR (Light Detection and Ranging), ставший ключевой технологией, играет важную роль в разработке автономных транспортных средств и передовых систем помощи водителю (ADAS). Этот инновационный рынок характеризуется динамичным окружением, интенсивной конкуренцией и постоянным ростом спроса на более безопасные, эффективные и экологически чистые транспортные решения. [3]

Один из ключевых факторов, способствующих росту мирового рынка автомобильных датчиков LiDAR, — увеличивающийся интерес и инвестиции в область автономных транспортных средств. По мере того как автомобильная индустрия переходит к беспилотным автомобилям, LiDAR занимает центральное место, предоставляя возможности трехмерного картирования в реальном времени и обеспечивая обнаружение объектов, критически важных для безопасной навигации. Обещание сокращения количества аварий и повышения безопасности на дорогах сделало технологию LiDAR неотъемлемой, привлекая значительные инвестиции как от крупных автопроизводителей, так и от технологических стартапов. [3]

Самым важным элементом таких систем является LiDAR - датчики радарного типа, использующие амплитудную или частотную модуляцию для обнаружения объектов. Информация, полученная от этих датчиков, позволяет оценить окружающую среду и выявить возможные опасности на пути движения.

Благодаря принципу действия, изображенному на рисунке 2, LiDAR способен изменять расстояние до объекта, оценивать его скорость и положение в пространстве с использованием построения ЭБ-модели.

В случае LiDAR с амплитудной модуляцией, расстояние определяется временем, которое сигнал затрачивает на прохождение от датчика до цели и обратно. Датчик измеряет это время и тем самым определяет расстояние до объекта.

В LiDAR с частотной модуляцией используется непрерывный луч света с изменяемой частотой. Луч разделяется на две части, одна из которых направлена во внешнюю среду, а затем объединяется с возвращенной частью. Периодичность импульсов и частота модуляции выбираются так, чтобы пауза между импульсами была не меньше времени отклика от цели. Таблица 1 предоставляет зависимость времени отклика от расстояния до цели.[2]

Таблица 1- Зависимость времени отклика от расстояния до цели

Расстояние до цели	1м	10м	100м	1км	10км	100км
Время отклика	6.7нс	67нс	0,67мкс	6,7мкс	67мкс	0,67мс

Измерение расстояния в LiDAR с частотной модуляцией осуществляется через разность частот двух лучей, благодаря изменяющейся частоте источника луча. Эти LiDARы не подвержены интерференции от солнечных лучей и других LiDARов, а также могут измерять скорость объекта.

В отличие от радиоволновых сигналов, световые волны рассеиваются в любой среде, и отраженный сигнал возвращается через рассеивающую среду. Поэтому эффективная помехоустойчивая система необходима для получения достоверных данных.

Применение LiDAR более эффективно по сравнению с системами, основанными только на видеокамерах, по нескольким причинам. Во-первых, определение расстояния по 2D-изображению ненадежно, так как не учитывается объем объектов. Во-вторых, камеры не надежны в переменных условиях окружающей среды, таких как снег, дождь, слякоть и грязь, где объектив камеры может быть закрыт, что приводит к прекращению работы системы. В-третьих, в темное время суток встречные автомобили могут засвечивать камеру, что может иметь серьезные последствия.

Исследование фокусировалось на системах торможения, управления и безопасности, таких как ABS, ESP, и других подобных технологий. Анализ данных из лаборатории "Smart-технологий автомобилей" позволил выявить влияние исправного или неисправного функционирования этих систем на предотвращение дорожных происшествий.

Роботизированная мобильная платформа на базе автопилота (рисунок 3) . Комплексная система обучения интеллектуального подключенного транспортного средства основана на шасси транспортного средства с проводным управлением, центральном процессоре, модуле сбора лидарных данных, интегрированном модуле сбора инерциальных навигационных данных и модуле получения визуальных изображений. Всего разработано 6 учебных проектов и 6 обучающих ресурсов. Сюда входят проекты практического обучения, такие как установка датчиков, отладка, обнаружение, калибровка и применение, проверка алгоритма распознавания изображений, проверка алгоритма автономного вождения и комплексные дорожные испытания.[4]



Рисунок 3- Роботизированная мобильная платформа на базе автопилота (с LiDAR)

Система LiDAR и искусственный интеллект в автотранспорте совместно используются для обеспечения более безопасного и эффективного управления транспортными средствами. Ниже представлены несколько способов интеграции этих технологий:

Обнаружение и избегание препятствий: LiDAR предоставляет точную трехмерную карту окружающей среды, включая другие транспортные средства, пешеходов и препятствия. Искусственный интеллект обрабатывает эти данные в реальном времени, что позволяет транспортному средству мгновенно принимать решения для избежания столкновений.

Автономное вождение: LiDAR играет ключевую роль в системах автономного вождения, обеспечивая высокую точность распознавания окружающей среды. Искусственный интеллект используется для анализа данных LiDAR и принятия сложных решений в реальном времени, таких как выбор маршрута, скорости и выполнение безопасных маневров.

Системы помощи при вождении: LiDAR и искусственный интеллект могут быть использованы для создания систем помощи при вождении, предупреждая водителя о потенциальных опасностях, управляя круиз-контролем и даже автоматически выполняя некоторые маневры.

Адаптивные системы безопасности: используя данные от LiDAR, искусственный интеллект может создавать адаптивные системы безопасности, реагируя на различные условия на дороге и адаптируя стратегии безопасности в реальном времени.

Управление транспортным потоком: системы LiDAR и могут быть использованы для оптимизации управления транспортным потоком, предотвращая заторы, улучшая эффективность движения и уменьшая риски аварий.

Интеграция LiDAR и искусственного интеллекта в автотранспорт способствует созданию более интеллектуальных и безопасных транспортных систем, способных развивать автономные и полуавтономные транспортные средства. [3]

Исследование влияния исправного технического состояния автомобилей на безопасность дорожного движения, проведенное с использованием данных лаборатории "Smart-технологии автомобилей " и датчиков LiDAR, открывает новые перспективы для совершенствования систем безопасности и технического обслуживания автомобилей. Это важный шаг в направлении создания более безопасной и эффективной транспортной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кухта, В. С. Техническое состояние транспортных средств и его влияние на безопасность дорожного движения / В. С. Кухта, Е. М. Джаналиев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 6 (140). — С. 51-55. — URL: <https://moluch.ru/archive/140/39400/>.
2. Автомобильный радар // Системы современного автомобиля. //URL: <http://systemsauto.ru/active/radarsensor.html>
3. TechSci Research — глобальный поставщик консалтинговых услуг и исследований рынка // URL: https://www.techsciresearch.com/sample-report.aspx?cid=2330&trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block
4. Мастерская Лу Бань в Казахстане // URL: https://www.ektu.kz/departments/sc_mecheng/about_dep/lubanworkshop.aspx?lang=ru

УДК 621.8

Тлеужанова Г.Б. (21-ДТМ-3а ВКТУ), Капкенова М.Т. (21-ДТМ-3а, ВКТУ)
Кадыров Ж.Н., (д.т.н., директор ТОО «Кадыров и партнеры»)

УСТРОЙСТВО И СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Целью автоматического диагностирования работы станочных систем является оперативное выявление типичных аварийных ситуаций, возникающих при их промышленной эксплуатации, в том числе, непредвиденных наездов на препятствия, поломки и износа (затупления) инструментов и дальнейшее прерывание процесса резания.

Для автоматического диагностирования работы станочных систем используют функциональные модели контролируемого процесса [2], где предложено в зависимости от степени расчленения исследуемого станка или узла станка на конечное число функциональных блоков находить и идентифицировать дефект в работе станка. Однако, дискретный характер контроля и низкая точность, с которой можно моделировать диагностирование реальной станочной системы, снижают его конкурентность перед другими способами диагностирования.

Ключевые слова: пиноль задней бабки, адаптивного управления процессом токарной обработки, аварийная ситуация, поломка и износ инструмента, режимы работы.

На практике для диагностирования состояния станочных систем широко используют метод временных интервалов и метод эталонных зависимостей. Использование известных методов сопряжено со значительной трудоёмкостью процедуры хронометрирования работы станочного оборудования.

Также раскрыто использование метода эталонных зависимостей и его разновидности – метода эталонных осциллограмм. Выявление эталонных функциональных зависимостей параметров диагностируемого узла сопряжено с проведением трудоёмких экспериментальных исследований и дальнейшим их сравнением с реально полученными при диагностировании узла осциллограммами.

Контроль технического состояния станков основан на том, что первичные измерительные преобразователи преобразуют параметры колебаний диагностируемых узлов станка в электрический сигнал, представляющий собой аддитивную связь между первой гармонической составляющей и возникающей помехой. После преобразования выделенной составляющей сигнала о техническом состоянии узлов станка судят по результатам корреляционно-спектрального анализа. Реализация такого контроля предполагает использование набора функционально сложных аппаратных технических средств, в том числе, вычитающего устройства, усилителя-инвентора, временного интегратора и других. Трудоёмка сама процедура анализа сигналов и оценка на базе них текущего состояния диагностируемых узлов станка. Так, на основе анализа сигнала с первого выхода устройства определяют вначале собственные резонансы испытуемого станка и идентифицируют источники вынужденных колебаний и далее, на основе анализа высокочастотных составляющих со второго выхода устройства оценивают текущее состояние основных элементов

станка (например, зубчатых передач или подшипниковых узлов) и только затем скрытые в них дефекты.

В предложено использование штатных деталей узлов станка как источников диагностической информации, что расширило функциональные возможности штатного узла с соблюдением принципов конструктивного подобия, модульности и инвариантности конструкций встроенных средств технического диагностирования (СТД).

Заслуживают внимание разработки фирмы «Крупп Видиа» (ФРГ) в области создания технических средств диагностирования аварийных ситуаций при работе на токарных станках. В раскрыт как способ диагностирования, так и комплект устройств для автоматического диагностирования аварийных ситуаций. При этом способ диагностирования основан на регистрации при резании электрического сигнала, пропорционального упругим деформациям нагруженного силами резания узла станка, дальнейшем сравнении полученного сигнала с априорно найденными эталонными значениями сигналов, характеризующими аварийные ситуации в работе станка при данных условиях резания и принятии решения о продолжении процесса резания по результатам сравнения.

Устройство «Видатроник» для автоматического диагностирования аварийных ситуаций на токарном станке с ЧПУ выполнен в четырёх вариантах комплектации, обеспечивающих решение различных задач диагностирования, рисунок 1.

1 – система CCS обеспечивает защиту от аварийных наезжаний;

2 – система BCS обеспечивает защиту от аварийных наезжаний и поломок инструмента;

3 – система WCS обеспечивает защиту от аварийных наезжаний и текущий контроль стойкости (износ) инструмента;

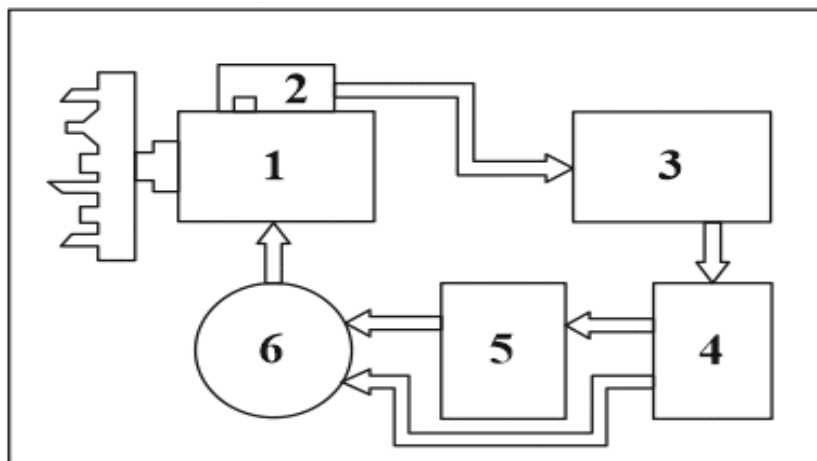


Рисунок -1- Система BCS/WCS является комплексной и обеспечивает решение всех трёх задач: защиту от аварийных наезжаний, от поломок инструмента и текущий контроль стойкости инструмента

Опыт эксплуатации устройства «Видатроник» выявил ряд недостатков.

Достоверность результатов технического диагноза является следствием влияния большого количества факторов, в том числе и дестабилизирующих, на результаты диагностирования. Имеет место случайный характер проявления данных факторов. Характер изменения (вариации) во времени информативного диагностического параметра (в устройстве «Видатроник» - это упругие деформации нагруженного силами резания узла станка, в частности, револьверной головки) для идентифицируемых аварийных ситуаций при работе станка (таких, как наезд инструмента на деталь или поломка отрезного (канавочного) резца практически идентичен и трудно распознаваем, что ведёт к ошибочным результатам диагноза и снижению эффективности всего процесса диагностирования работы станка.

В качестве чувствительного элемента ИП (первичного электрического преобразователя) использованы наборы пьезоэлементов, имеющих несколько одинакового размера пьезоэлементов (для повышения чувствительности ИП в целом), что влечёт увеличение габаритных размеров.

За счёт низкой (порой ошибочной) достоверности результатов технического диагностирования, эффективность устройства «Видатроник» низка, что снижает его конкурентоспособность.

Известны автоматические системы диагностирования аварийных ситуаций фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция) и Томского филиала НИИ Технологии Машиностроения «СКПР (система контроля процесса резания)», фирма «Brankamp», (ФРГ), функциональные возможности и технические характеристики которых не соответствуют требованиям к такого рода системам, а именно, по быстродействию функционирования, по уровню автоматизации процедуры диагностирования при широкой номенклатуре процедур диагностирования по выявлению и идентификации аварийных ситуаций в работе станка с ЧПУ.

Об актуальности проведения исследований по разработке работающих в автоматическом режиме систем контроля наезжания, поломки и износа инструмента свидетельствует тот факт, что «...уже при наличии хотя бы только одного случая наезжания... приобретение системы CCS окупается полностью...». Использование таких систем позволит увеличить ресурс работы станка, обеспечить более полное использование режущих свойств инструментов. Улучшится также качество самих обрабатываемых деталей за счёт мгновенной остановки привода подач в момент наступления аварийной ситуации, устраняя риски и вмятины на поверхности детали.

С помощью размещённого в зоне наибольших упругих деформаций и нагруженного силами резания измерительного преобразователя выделяют пропорциональный упругим деформациям электрический сигнал. Сравнивают полученный сигнал с характеризующими аварийные ситуации априорно полученными эталонными значениями сигналов, при этом сравнение осуществляют дважды: после первого сравнения и до принятия решения производят останов движения каретки суппорта, изменяют направление движения каретки суппорта продольной подачи. При обратном

ходе каретки суппорта продольной подачи производят вторичное сравнение сигналов, после чего принимают окончательное решение о продолжении процесса резания.

статистические характеристики параметра процесса резания, оценку дисперсии и среднего значения модуля, можно оценить величину поля рассеяния и его положения. При этом, при проведении испытаний на первом проходе определяют дисперсию случайной составляющей значений параметра процесса резания и зону, в которой процесс резания является стабильным. Верхний и нижний сигналы зоны согласуются с характерными для конкретного технологического процесса изменёнными сигналами параметров процесса резания (через динамические пороги). Дополнительного хранения информации о текущих значениях верхнего и нижнего динамических порогов не осуществляют, так как их формирование синхронизировано по времени с выходными сигналами датчиков регистрации параметров процесса резания. При этом текущие значения порогов автоматически согласуются с мгновенными значениями параметров установившихся динамических порогов в последовательности, типичной для случая поломки инструмента.

Сам факт пересечения верхнего и нижнего динамических порогов регистрируется при поломке инструмента. Поломка инструмента распознаётся (идентифицируется) по нарастанию сигнала регистрируемого параметра процесса резания вначале выше уровня динамического порога и последующего спада анализируемого параметра ниже этого уровня.

Предложенные алгоритмы оперативного распознавания поломок инструментов позволяют ограничить объём повреждений лишь минимальными разрушениями режущей и опорной пластин резца.

Главное преимущество рассмотренных алгоритмов в оперативном распознавании поломок инструментов по сравнению, например, с методом жёстких пределов. Это исключает аварийные ситуации при работе токарного станка с ЧПУ за счёт увеличения чувствительности системы диагностики в целом и высокой объективности при принятии решения на своевременную замену инструмента.

При использовании предложенных алгоритмов автоматическая система производит мгновенную остановку приводов подач станка, в силу чего параметры процесса резания никогда не достигают аварийных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность в машиностроении / П.И. Ящерицын, Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. Минск. Наука и техника, 1977.- 256 с. |
2. Михеев Ю.Е., Сосонкин В.Л. Системы автоматического управления станками. — М.: Машиностроение, 1978. — 264 с.
3. Полетаев В.А. Технология автоматизированного производства лопаток газотурбинных двигателей / — М.: машиностроение. 2006. — 256 с.

4. Тверской М.М. Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках. М.: Машиностроение, 1982. - 208 с.
5. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования/ В.
6. А. Бесекерский, Е. П. Попов. СПб.: Профессия, 2003. - 752с.
7. Активный контроль размеров. / Под ред. С.С. Волосова. М.: Машиностроение, 1984.-224 с.
8. Воронцов Л.Н. Приборы автоматического контроля в машиностроении /Л.Н. Воронцов и др. М.: Машиностроение, 1988. - 280 с.
9. Бржозовский Б.М.: Точность' и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков. 4.1. /Б.М. Бржозовский,
10. В.А. Добряков; А.А. Игнатьев и др. Саратов: СГТУ, 1992. - 160 с.
11. Бржозовский Б.М.: Точность и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков. Ч. 2. / Б.М. Бржозовский, В.А. Добряков, А.А. Игнатьев и др. Саратов: СГТУ, 1994. - 156 с.
12. Бржозовский Б.М., Динамический мониторинг технологического оборудования: Монография / Б.М. Бржозовский, В.В. Мартынов, И.Н. Янкин, М.Б. Бровкова. Саратов: СГТУ, 2008. - 312 с.
13. Приборы и системы для измерения вибраций,- шума и удара: Справочник. В.; 2-х. т. Т. 27 Под ред. В.В. Ключева — М.: Машиностроение, 1978.-453 с
14. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова, Е.В. Пьезоэлектрические датчики / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова. М.: изд. «Техносфера», 2007. - 670 с.
15. Коломийцов Ю. В: Интерферометры: основы, инженерной теории и применение 7 ЮгВі. Коломийцові Л.: Машиностроение; 1976: - 486с.

УДК 629.3.01

Торопов И.А. (23- МТТ-2Т), Байгереев С.Р. (PhD, ВКТУ),
Муздыбаев М.С. (к.т.н., ВКТУ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. Совершенствование диагностики тормозных систем грузовых автомобилей - важное и актуальное направление исследований в области автомобильной безопасности транспортных средств. Данная работа охватывает методы диагностики тормозных систем. Предложен метод определения тормозных качеств автомобилей в реальных условиях с полной нагрузкой. При этом разработана конструкция диагностического стенда с нагрузочным устройством, позволяющим произвести испытания транспортных средств с полной массой.

Ключевые слова: Тормозные системы автомобилей, диагностирование, стенд, нагрузочное устройство.

Актуальность темы: Очень актуальная тема, так как в ВКО нигде нет полигона для тестирования нагруженных грузовиков, а этот способ позволит тестировать нагруженные грузовики в крытом помещении, не требуя при этом способе много территории. Напрямую повлияет на эффективность торможения и безопасность дорожного движения после данного тестирования.

Объект исследования: Диагностический стенд по тормозным качествам

Предмет исследования: Способ имитации весовой нагрузки.

Цель исследования: Обеспечить проведение диагностирования тормозных качеств автомобиля с полной массой.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ ранее выполненных работ по диагностированию ТС с полной массой.

2. Разобрать метод диагностирования ТС с полной массой.

3. Разобрать оригинальное техническое решение нагрузочного устройства для диагностического стенда с целью имитации весовой нагрузки.

Практическая значимость: Заключается в обеспечении достоверности результатов диагностирования при максимальных весовых нагрузках. Возможность практического применения результатов исследований на предприятия автосервисов.

Новизна: Научная новизна новый вклад в теорию. Новый метод диагностирования насчет испытаний с полной загрузкой

Анализ состояния вопроса исследования:

Имитация нагрузки на тормозном стенде может происходить различными способами в зависимости от конкретной конфигурации и целей тестирования. Вот несколько основных методов: для воспроизведения испытаний тормозных качеств автомобиля с его полной массой целесообразно использовать метод весовой имитации [13].

Этот и другие методы позволяют регулировать и контролировать уровень

нагрузки на тормозах в различных условиях, что позволяет проводить различные тесты и анализировать поведение тормозных систем автомобилей. Далее произведен анализ ранее выполненных работ по теме имитация весовой нагрузки.

Рассмотрим ранее предложенное инновационное решение по имитации весовой нагрузки :

Обзор ранее выполненных работ:

На практике уже применяется имитация веса но выглядит она по другому : За раму грузовика или автобуса с задней части цепляется рычаг который с помощью гидравлики тянет вниз.

Предпосылки:

Необходимость в повышении достоверности постановки диагноза тестирования. В данный момент грузовой автомобиль тестируется без загруженного состояния, удельную тормозную силу не учитывают. Соответственно показания сбиваются. Колеса недостаточно загружены. Грузовик при тестировании начинает выскальзывать, и срабатывает защита стенда соответственно показания не верные.

В данном исследовании предлагаются оригинальные технические решения по имитации весовой нагрузки .

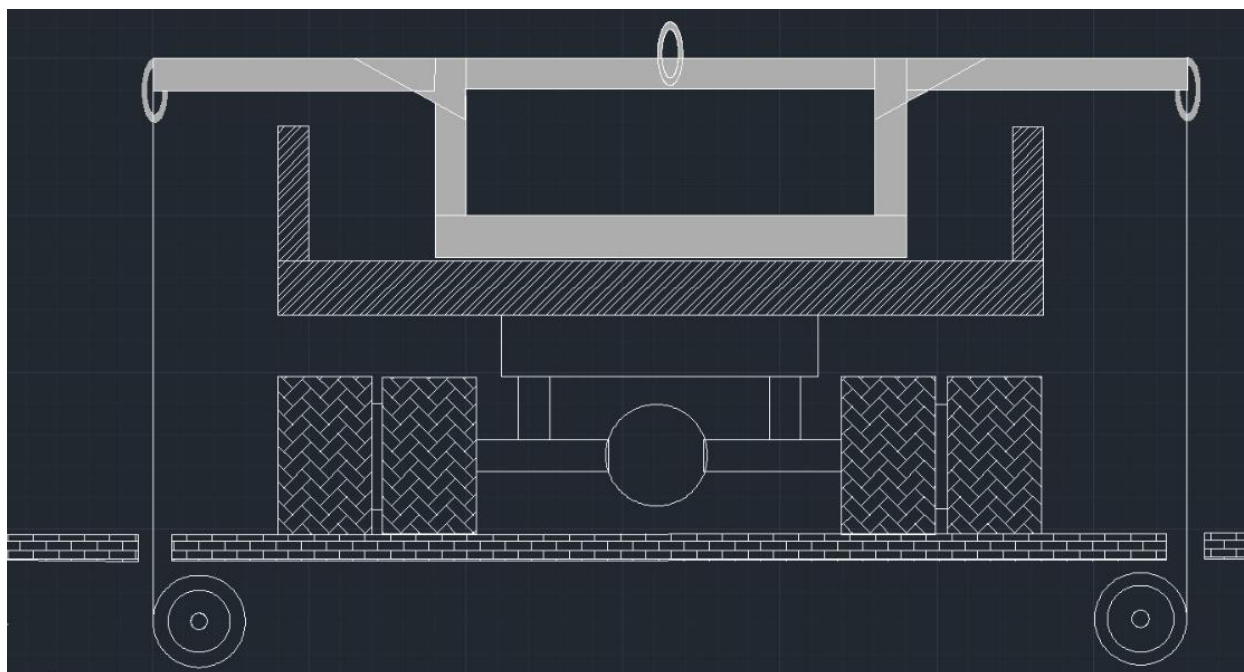


Рисунок 1 – Схема нагрузочного устройства вид в профиль

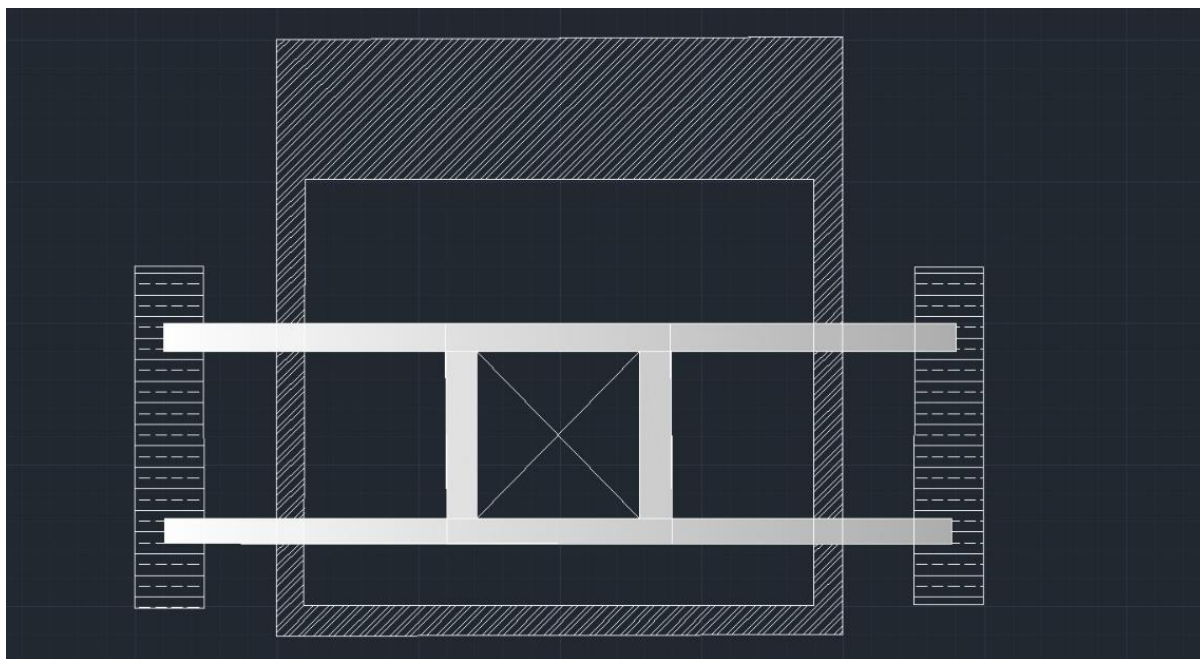


Рисунок 2 – Схема нагрузочного устройства вид сверху

В моем варианте будет применяться весовая имитация с помощью электрических лебедок весом до 20т на ось. Уникальность моей работы в том что будет придумана особая конструкция которая создаст имитацию нагрузки, устанавливается непосредственно в центр кузова грузового автомобиля, от нее будут отходить проушины которые будут связаны с лебедками внизу которые будут создавать очень большую нагрузку. При этом решаются следующие задачи:

- А) Увеличение прижимной силы ТС
- В) Создание максимальной нагрузки ТС
- С) Увеличение точности показаний измерения тормозных усилий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Тахтамышев, Х. М. Основы технологического расчета автотранспортных предприятий [Текст] : учеб. пособие / Х. М. Тахтамышев. - М. : Академия, 2011 (Саратов). - 351 с. : ил. 3 Глазков, Ю. Е. Технологический расчет и планирование автотранспортных предприятий [Текст] : учеб. пособие / Ю. Е. Глазков, Н. Е. Портнов, А. О. Хренников. - Тамбов : ТГТУ, 2008 (Тамбов). - 78 с.
- 2 Плаксин, А. М. Технологический расчет производственных подразделений автотранспортного предприятия [Текст] : учеб. пособие / А. М. Плаксин, Э. Г. Мухамадиев. - Челябинск : ЧГАУ, 2007 (Челябинск). - 68 с.
- 3 Круцило, В. Г. Расчет и проектирование производственно-технической инфраструктуры предприятия [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Круцило, В. В. Плешивцев, А. В. Карпов. - Самара : [б. и.], 2007. - 292 с. : ил.
- 4 Напольский, Г. М. Технологический расчет и планировка автотранспортных предприятий [Текст] : учеб. пособие к курсовому

проектированию по дисциплине "Проектирование предприятий автомоб. трансп." / Г. М. Напольский. - М. : [б. и.], 2003. - 43 с.

5 Романович, А. А. Проектирование предприятия для ремонтного обслуживания подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования [Текст] : учеб. пособие / А. А. Романович, Л. Г. Романович ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2016. - 125 с. : ил.

6 Кирсанов, Е. А. Основы расчета, разработки конструкций и эксплуатации технологического оборудования для автотранспортных предприятий [Текст] : учеб. пособие / Е. А. Кирсанов, С. А. Новиков - М. : [б. 71 и.], 19 - . - В надзаг.: Моск. гос. автомоб.-дор. ин-т (Техн. ун-т). Ч. 1. - 1993. - 80 с. : ил.

7 Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: материалы международной научно-практической конференции [Текст]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 20 - . - ISSN 2587- 7577. № 1. - 2018. - 236 с. : ил.

8 Теория проектирования подъемно-строительных, транспортно-дорожных средств и спецоборудования [Текст] : учебное пособие / Р. Р. Шарапов [и др.] ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 121 с. : ил.

9 Шестаков, В. С. Исследование и совершенствование способов графического представления оборудования в процессе технологической подготовки производства [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.11.14 / В. С. Шестаков. - СПб., 2016. - 23 с. : ил.

10 Ковалевский, В. И. Проектирование технологического оборудования и линий [Текст] : учеб. пособие / В. И. Ковалевский. - СПб. : ГИОРД, 2007 (СПб.). - 316 с. : ил.

11 Новиков, А. И. Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования [Текст] : лаб. практикум / А. И. Новиков ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. - Воронеж : ВГЛТУ, 2016. - 83 с. : ил.

12 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие [Текст] / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во Тольяттинский государственный университет, 2016. –33 с.

13 Оценка загрязнения атмосферного воздуха производственным участком автотранспортного предприятия [Текст] / А. Т. Туленов [и др.] // Естественные и технические науки. - 2015. - № 9. - С. 145-147. - Библиогр.: 2 назв. (Шифр в БД У2950/2015/9).

14 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие [Текст] / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во Тольяттинский государственный университет, 2016. –33 с.

15 Weber, A. Design and calculation of production equipment / Collection of scientific literature № 2. People in a person's life [Text] / A. Weber. – Budapest, 2017. – P. 352-354.

КӨЛІКТІК ЛОГИСТИКАНЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДА АЛАТЫН ОРНЫ

***Аңдатпа.** Мақалада өнеркәсіптік кәсіпорындағы көліктік логистиканың тармақтары мен қызметтері туралы мәліметтер берілген, өнеркәсіптік кәсіпорынның жұмысындағы көліктік логистиканың жұмысы бейнеленген. Логистикалық қызметтер Қазцинк ЖШС кәсіпорнының мысалында көрсетілген, мұнда көлік пен бағдарға (маршрут), қоймалауға назар салынған. Келтірілген деректер негізінде логистиканың өнеркәсіптік негізде де үлкен маңызға ие екені анық көрініс тапты. Себебі барлық өнеркәсіп өз тауары мен тұтынушы арасын дәл осы логистикалық тізбек арқылы байланыстырады. Көліктік логистиканың өнеркәсіпте соңғы жетілдірулермен қолданылуы – кәсіпорынның да мемлекеттің де экономикалық көрсеткіштеріне оң әсер тигізетін амал.*

***Түйін сөздер:** кәсіпорын, көлік, тасымалдау, тасымалдау бағыты, қойма, көліктік логистика.*

Нарықтық экономика жағдайында өз өнімдері мен қызметтерін ұйымдасқан түрде жеткізуді және тасымалдауды қамтамасыз етуге дайын кәсіпорындардың саны өте көп. Осының негізінде көлік кәсіпорындары логистикалық тізбекте біртұтас экономикалық нәтиже алуға бағытталған. Бұған көптеген факторлар ықпал етеді, олардың ішінде мыналарды атап өтуге болады: көлік қызметтерінің қалыптасқан нарығы, кәсіпорындар мен көліктің әртүрлі түрлері арасындағы бәсекелестік, тұтынушылардың көлік қызметтерінің тарифтері мен сапасына қойылатын талаптарды күшейту және т.б.

Соңғы уақытта жалпы кәсіпорындағы көліктік-логистикалық жүйенің тиімді жұмыс істеу мәселесінің өзектілігі бірнеше жағдайларға байланысты болып табылады.

Біріншіден, көліктік логистика жүйесі – кәсіпорын қызметінің негізгі ішкі жүйелерінің бірі. Басқаша айтқанда, өндірістік қызметтің тиімділігіне, өзіндік құнына, тапсырыс мерзімінің орындалуына тікелей әсер етеді.

Екіншіден, кәсіпорындардың қызметін қаржыландыру көздерін қалыптастыру соңғы уақытта қатаң іріктеу шарттары қолданылатын ашық капитал нарықтарында орын алды, сондықтан кәсіпорындар өз қызметінің тиімділігін үнемі растауға мәжбүр.

Үшіншіден, сыртқы ортаның басымдықтарын өзгерту кәсіпорындардың барабар реакциясын және әрбір бизнес-процестің, соның ішінде көліктік логистикалық процестердің тиімділігін арттыруға бағытталған күш-жігерді арттыруды тудырады.

Сонымен, бүгінгі таңда кәсіпорындардың тиімділігін арттырудың негізгі жолдары еңбек өнімділігін арттыру, қызметкерлердің кәсіби өсуі, басқару шығындарын азайту, сондай-ақ көліктік логистикалық функцияларды табысты пайдалану болып табылады.

Біздің бағытымыз көлік логистикасына көп көңіл бөледі. Көлік

логистикасы логистикалық шығындардың жалпы құрамындағы көлік шығындарының үлкен үлес салмағымен ғана емес, сонымен бірге тасымалдаусыз материалдық ағынды жылжыту мүмкін еместігімен байланысты маңызды рөлге ие. Логистика негізінен логистикалық сервис, яғни логистикалық қызметтен тұрады. Логистикалық қызмет негізінен кәсіпорындар мен тұрғындар арасында көлік құралдарының тасымал жұмысы арқылы орындалады. Өндіруші және тұтынушы кәсіпорындар мұнда үлкен орын алады.

Бұл жұмыс өзінде көлемі бойынша Шығыс Қазақстанда бірінші орынға ие, мемлекеттік және халықаралық деңгейдегі өндірісті қамтамасыз етіп отырған «Казцинк» ЖШС кәсіпорны туралы, кәсіпорынның құрылымы мен сипаттамасы туралы және ондағы жылжымалы құрам мен тауар туралы мәліметтерді қамтиды.

«Казцинк» - Қазақстанның түсті металлургия көшбасшыларының бірі. Кәсіпорын – мыс, бағалы металдар және қорғасын сияқты ілеспе металл түрлерін көптеп қоса өндіретін интеграцияланған ірі мырыш өндіруші. Негізгі өнімдері мырыш, мыс, қорғасын, алтын және күміс болып табылады. Кәсіпорынның негізгі кәсіпорындары Қазақстан Республикасының Шығыс Қазақстан, Ақмола және Қарағанды облыстарында орналасқан.

«Казцинк» түсті металлургия өнеркәсібінің өнімдері ретінде мырыш, қорғасын, мыс, алтын, күміс, күкірт қышқылы, кадмий, селен, сүрме, таллий, индий, висмут, сынап және мырыш сульфатын көрсете аламыз.

Алдымен, кәсіпорын логистикасындағы маңызды тармақ көлік автопаркі болып табылады. Бұл тұрғыда Казцинк ЖШС кең ауқымды ірі кәсіпорын ретінде түрлі сипаттағы және әртүрлі мөлшердегі жылжымалы құрамға ие.

Өнеркәсіпте негізінен меншік көліктер жұмыс жасағанымен, алыс-жақын шетелдер арасындағы шикізат пен тауар тасымалына өзге меншіктің көліктері де қолданылады.

Көбіне су жолы және теміржол материалдық ағындар қозғалысы үдерісіне қызмет етеді. Осы тұрғыда кәсіпорын автокөлік түрлерінен де басқа меншікті көлік түрлерін көздеді. Теңіз жолының қолданылуы мен қолданылу аясының тар екенін түсіне отырып, кәсіпорын өзіне тиесілі теміржол көлігін, яғни вагондар мен цистерналар, думкалар сатып алып, қазіргі таңда тиімді түрде өндірісте қолдануда.

Теміржолмен келген вагондардың өзіне тиесілі түрі өндіріс бөлімдері мен тұрақтарында қалып, өзге жеке меншікке тиесілі вагондар тиісті түрде қалалық теміржол вокзалына немесе тиісті кәсіпорынға қайтарылады. Дегенмен, өнеркәсіптік өндіріске өз теміржолдық жылжымалы құрамы мен өзіне тиесілі теміржолдары болған өте тиімді әрі ұтымды шешім болды.

Казцинк ЖШС меншікті вагон паркінің құрамында: думпкалар – 183 дана ірі габаритті тау жыныстарын тасымалдауға арналған самосвал вагоны; цистерналар – 322 дана күкірт қышқылын тасымалдауға арналған вагон цистернасы; жартылай вагондар – 330 дана атмосфералық жауын-шашыннан қорғауды қажет етпейтін сусымалы, ірі көлемді, даналы және басқа жүктерді тасымалдауға арналған вагон.

Зауыт аумақтарында қуаттылығы 150-ден 4000 а.к. дейінгі тепловоздар негізінен пайдаланылады, бірақ тау-кен байыту комбинаттарының шахталарында және кейбір ашық шахталарында қуаттылығы 2100 кВт-қа дейінгі электровоздар қолданылады. Терең карьерлерден (500 м және одан да көп) тауарларды экспорттау үшін арнайы электр пойыздары немесе тартқыш қондырғылар құрылды. Дизельдік тепловоздар немесе электровоздар (байланыс желілері болған кезде) ретінде жұмыс істейтін гибриді тепловоздар мен тартқыш қондырғылар құрылуда.

Белгілі бір жүктерді тасымалдау үшін мамандандырылған жылжымалы құрам қолданылады, мысалы, жүк көтергіштігі 140 тоннаға дейінгі сұйық металға арналған темір тасиғыштар (және алыс қашықтыққа - 600 тоннаға дейін), жүк көтергіштігі 48 шлак таситын машиналар. тонна балқытылған шлак үшін температурасы 1400-1500 ° С, жүк көтергіштігі 200 тоннаға дейін самосвалдар (самосвалдар) және т.б. Мамандандырылған жылжымалы құрам шамамен 70% құрайды.

Өндірісте бұл вагондық паркті қалыптаситрудың стратегиялық басты мақсаты - мәжбүрлі станцияларсыз өндірістің ырғақты жұмысын қамтамасыз ету.

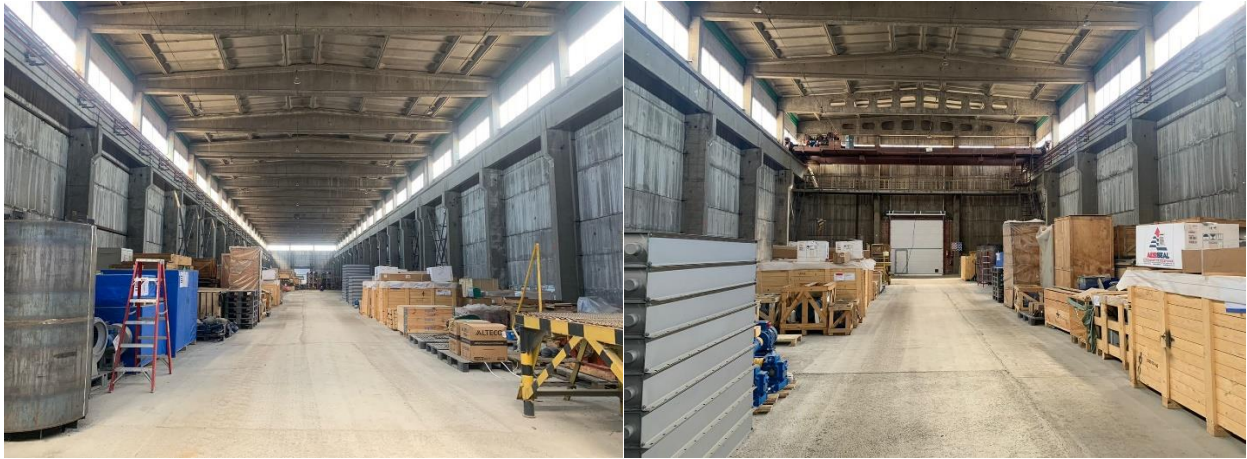
Келесі кезекте, көлікпен қатар қозғалыс бағыты да үлкен рөлге ие. Тасымалдау кезінде жылжымалы құрамның қозғалысын ұйымдастыру ең жоғары өнімділікті және ең төмен өзіндік құнды қамтамасыз етуі тиіс.

Қозғалыс бағыты – бұл тасымалдауды орындау кезіндегі көлік жолы. Маршрутты таңдау тиеу-түсіру пункттерінің орналасуына, жылжымалы құрамның түріне және жүк партиясының мөлшеріне байланысты болады. Маршрутты дұрыс құрастыру жүгірісті пайдаланудың ең жоғары коэффициентіне қол жеткізуді қамтамасыз етеді, осылайша жылжымалы құрамның өнімділігін арттыруға және тасымалдаудың өзіндік құнын төмендетуге ықпал етеді. Бұл тұрғыда кәсіпорынның логист мамандары жүк пен көлік түріне байланысты тиімді бағытты таңдауды қамтамасыз етіп, әрдайым өзге де оңтайлы жолдарын жетілдіруде.

Кәсіпорындағы логистикалық маңызға ие тағы бір пункт – кәсіпорын қоймасы. Ол материалдық-техникалық жабдықтауды ұйымдастырудың маңызды буыны болып табылады.

Қойманың негізгі міндеттері:

- материалдық құндылықтардың дұрыс сақталуын ұйымдастыру;
- өндірістік процесті үздіксіз қамтамасыз ету;
- дайын өнімді жөнелту.



Сурет 1. «Казцинк» ЖШС Өскемен қалалық металлургиялық кешенінің қоймасы



Сурет 2. «Казцинк» ЖШС Өскемен қалалық металлургиялық кешенінің қоймасындағы жұмыс барысы

Қойма жұмысын дұрыс ұйымдастыру материалдық құндылықтардың сақталуын қамтамасыз етуі, ысырапты, тапшылықты және қайта сыныптауды жоюы керек.

Өндірістік кәсіпорында негізгі және қосалқы өндірістің жалпы мақсаттағы қоймалары, шикізат, материалдар және дайын өнімдердің жалпы мақсаттағы қоймалары және жұмыс орындарында қоймалар бар. Демек, өндіруші кәсіпорынның қоймасының мақсатына байланысты қойманы сақтау және пайдалану шығындары цехқа немесе дайын өнімнің өндірістік құнына қосылады.

Қоймалар арқылы еңбек құралдары мен объектілері технологиялық өңдеу сатыларынан өтеді, нәтижесінде сырттан алынған шикізат пен материалдар дайын өнімге айналады.

Қорытындылай келе, жүктерді тасымалдауды ойластырылған ұйымдастыру ықтимал тәуекелдерді азайтады, жеткізу уақытын қысқартады және соның нәтижесінде шығындарды азайтады. Кәсіпорындағы логистиканың міндеттері оңтайлы, яғни ең қысқа, бағытты есептеуден ғана емес, сонымен қатар көлік құралын таңдаудан тұрады. Ол қажетті көлем мен жүк көтергіштігі, оңтайлы сенімді және қозғалыс жылдамдығы жоғары болуы керек. Кәсіпорында жүк тасымалдауды ұйымдастыруға жауапты мамандар барлық мүмкін болатын нұсқалардан оның тиімділігін ескере отырып, қажетті тасымалдау түрін ұтымды анықтай алуы маңызды.

Қазіргі заманғы кәсіпорынның логистикасын көліктік қамтамасыз етуді басқару жүйесі көлік, жабдықтау, өндіру және сатуды интеграциялау тұжырымдамасына, тасымалдау, жабдықтау, сату, өндіріс шығындарының ең аз өлшемін қолдана отырып, айналым және өндіріс саласындағы материалдық ағымның бүкіл процесінде оңтайлы шешімдерді іздеуге негізделген.

Кәсіпорын қызметін ұйымдастыруда логистиканың маңызы жоғары деп қорытынды жасауға болады. Логистика кәсіпорын ресурстарын ұтымды пайдалану және шығындарды азайту арқылы өндіріс процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл түптеп келгенде кәсіпорынға экономикалық пайда түрінде әсер етеді, сонымен қатар шығарылатын өнімнің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Логистика тасымалдауда да, сақтауда да өзіндік көліктік және қоймалық қызметтерімен өнеркәсіптік кәсіпорынның қажеттіліктерін өтеуде. Өнім өндіру – өнеркәсіптік қызмет болса, қоймалау мен сақтау, көлік пен бағытты таңдай отырып, тасымалдау – логистикалық іс-шаралар болып табылады. Көрсетілген деректер – бір өнеркәсіптік кәсіпорын мысалындағы логистиканың сипаты. Бұл ақпараттарға сүйене отырып өнеркәсіптік кәсіпорындағы логистикаға талдау жасай аламыз, және де өнеркәсіптік логистиканы оңтайландыру жолдарын кәсіпорын мысалында қарастыра аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. <https://www.kazzinc.com/kaz>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
3. <https://be5.biz/ekonomika1/r2012/2450.htm>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СИЛОВОГО ГИДРОЦИЛИНДРА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС НАПРЕССОВКИ ЛАБИРИНТНЫХ И ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ, КАССЕТНЫХ ПОДШИПНИКОВ

Аннотация. В данной статье представлено исследование, направленное на усовершенствование конструкции силового гидроцилиндра, используемого для напрессовки лабиринтных и внутренних колец, а также кассетных подшипников на ось колесной пары грузового вагона. Путем анализа существующей конструкции и выявления основных проблемных моментов, мы разработали на наш взгляд эффективное решение, способное повысить надежность и продолжительность работы оборудования. Полученные результаты внесут значимый вклад в область гидравлической прессовой техники и могут быть полезны для инженеров и производителей в данной сфере.

Ключевые слова: колесная пара вагона, гидравлический пресс, силовой гидроцилиндр, телескопический узел, износ.

Казахстан обладает разветвленной сетью железнодорожных путей. Общая эксплуатационная протяженность составляет 16 тысяч километров по состоянию на 2023 год [1], при этом общая протяженность главных магистралей достигает 21 тысячи километров. Железнодорожный транспорт играет значительную роль в экономике Казахстана, с более чем 68% от общего объема грузоперевозок и более чем 57% пассажирских перевозок страны осуществляется по железной дороге. На начало 2024 года в железнодорожной отрасли занято более 110 тысяч человек.

Наиболее частыми поломками [2] железнодорожного транспорта являются: механизм разгрузки с пневмоприводом, трещины и деформации на кузове и раме, износ колесных пар и рам двухосных тележек. К основным неисправностям колесных пар относят: дефекты поверхности катания колес (прокат, ползун, износ гребня), трещины в диске и ступице колес, повреждение осей, а также сдвиг колес по оси и изгиб осей.

Своевременное техническое обслуживание вагонов с целью поддержания их исправного состояния в эксплуатации является необходимым требованием во избежание аварийных ситуаций.

За объект исследования взят силовой гидроцилиндр пресса [3], который предназначен для поэлементной или совместной напрессовки внутренних колец и лабиринтного кольца буксового узла на шейку оси колесной пары грузового вагона, а также напрессовки кассетного подшипника и кассетной буксы с регистрацией параметров процесса напрессовки. Пресс применяется в условиях вагоноремонтных заводов и ремонтных цехов железнодорожных депо.

Главный гидроцилиндр (рисунок 1) представляет собой многоштоковый телескопический узел, который состоит из фиксирующего конуса 1, «направляющей» 2 и «напрессовочной» втулок 3.

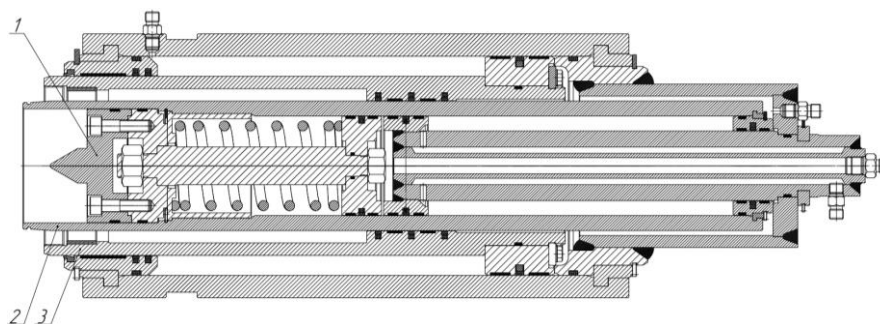


Рисунок 1 – Сборочный чертеж силового гидроцилиндра

На первом этапе выдвижения гидроцилиндра, происходит подача фиксирующего конуса вместе с «направляющей втулкой», которая проходит через внутренние кольца подшипников буксового узла (рисунок 2.1). По завершении хода фиксирующий конус входит в центровое отверстие оси колёсной пары. На втором этапе «направляющая втулка» подводится к торцу оси колёсной пары до упора (рисунок 2.2). На третьем этапе «напрессовочная втулка» стягивает кольца подшипников с втулки и запрессовывает их на ось колёсной пары (рисунок 2.3). После того, как комплект внутренних и лабиринтных колец подшипника доходит до конечного положения, происходит скачок давления. Комплект колец (кассетный подшипник) выдерживается под усилием не менее трёх секунд, затем давление сбрасывается. Завершение того или иного этапа контролируется по изменению давления.

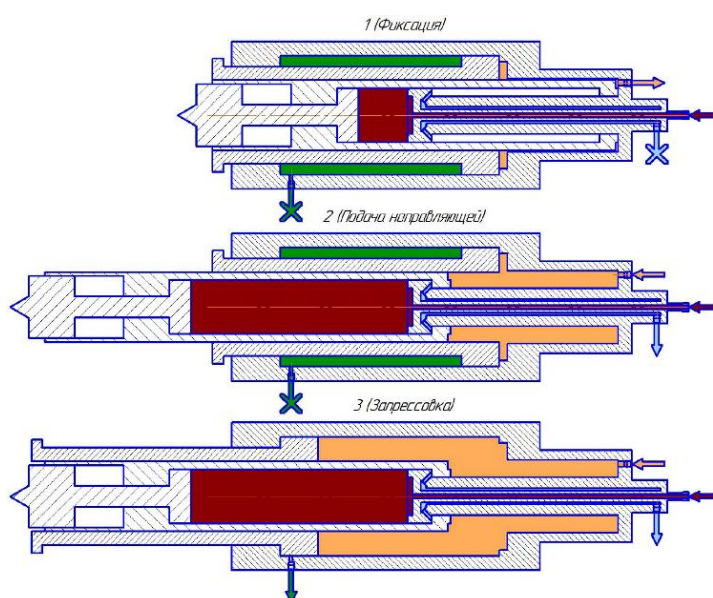


Рисунок 2 – Этапы работы гидроцилиндра

При эксплуатации данного гидроцилиндра, помимо стандартного износа направляющих и манжет, основной поломкой является разрыв втулки-стакана (рисунок 3 а), что в свою очередь приводит к быстрому износу хонингованной поверхности гильзы (рисунок 3 б).

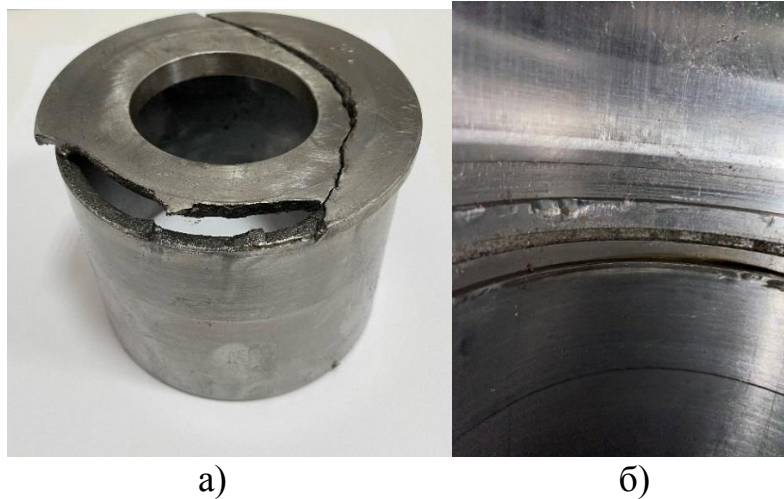


Рисунок 3 – Детали после эксплуатации гидроцилиндра
(а-разрыв стакана, б – износ и царапины на гильзе)

Исходя из паспортных данных на гидроцилиндр [4], развиваемое усилие на поршень (при давлении 16 МПа) – 400 кН, при этом сила сжатия пружины не более 1000 Н. В момент предельного давления на поршень, пружина начинает скручиваться (рисунок 4 а), тем самым оказывая напряжение на дно стакана (рисунок 4 б).

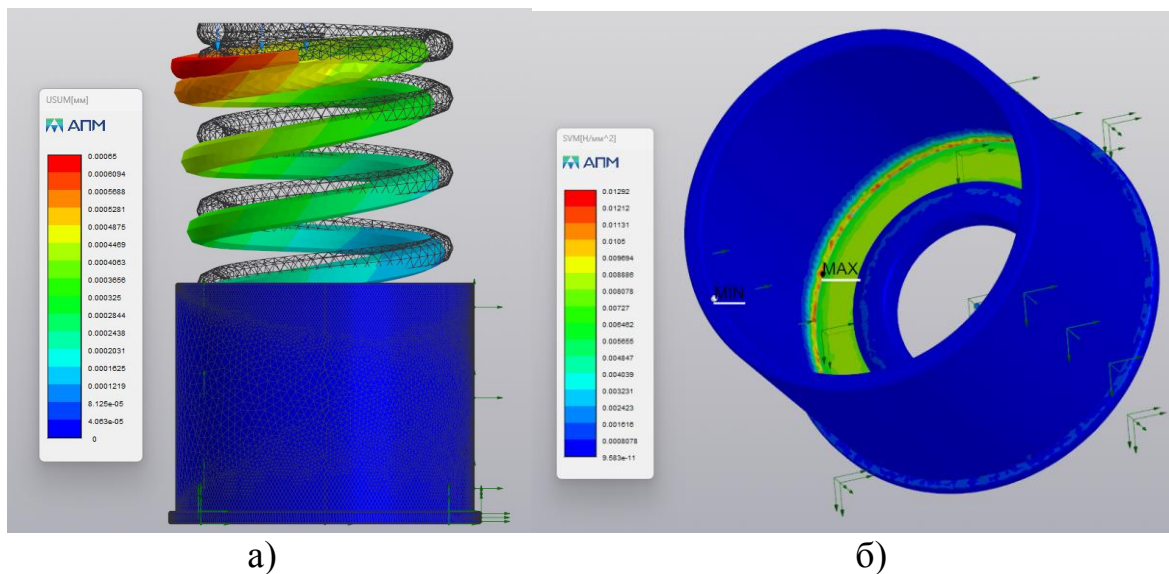


Рисунок 4 – Расчет в системе прочностного анализа APM FEM
(а – пружина, б – стакан)

После расчетов в системе прочностного анализа APM FEM становится понятным, почему появилась трещина, а в дальнейшем – разрушение дна стакана. Так же в момент скручивания пружины ее начинает загнать в сторону хонингованной поверхности гильзы, образуя задиры, царапины и поверхностный наклеп.

Для улучшения конструкции был проведен анализ существующих патентов и конструкций [5-6]. В [5] патенте автор рассматривает конструкцию (рисунок 5), где стакан 36 имеет собственный силовой привод в виде гидроцилиндра 39, обеспечивающего прижим стакана к торцу оси колесной пары. Таким образом, в первом варианте применения стакан 35 скользит при выдвигении относительно внутренней поверхности стакана 36, а во втором - стаканы 35 и 36 вместе двигаются относительно внутренней поверхности направляющей 31.

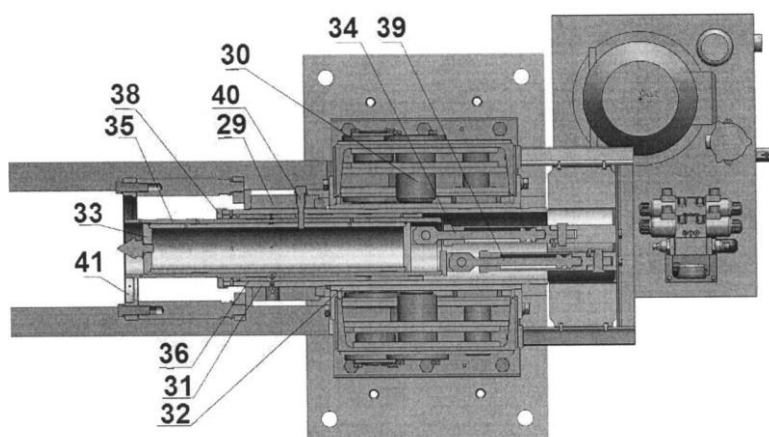


Рисунок 5 – Конструкция силового гидроцилиндра

В [6] патенте автор предлагает конструкцию гидроцилиндра схожую с нашей действующей конструкцией, которая имеет недостатки.

Мы предлагаем изменить конструкцию возвратно-поступательного узла, где ранее использовался стакан и 1 пружина сжатия. Для продолжительной работы как самого стакана, так и поверхности хонингованной гильзы мы решили добавить вторую пружину сжатия (рисунок 6).

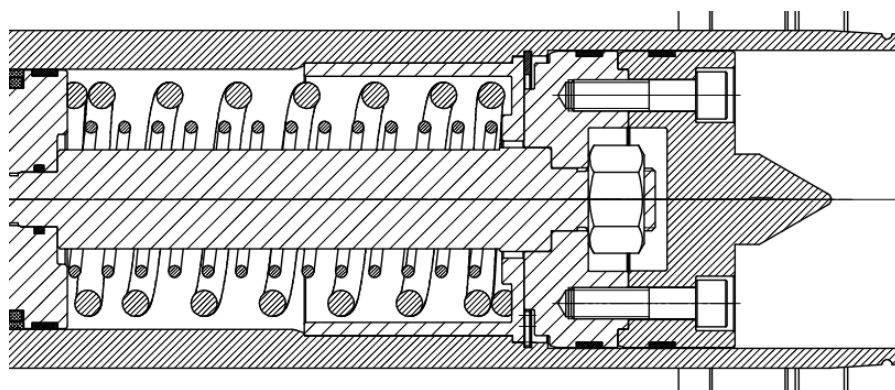


Рисунок 6 – Предлагаемый вариант конструкции возвратно-поступательного узла

При таком варианте работы давление, оказываемое на стакан, будет распределяться равномерно на все дно стакана, а усилие от пружины с большим диаметром уменьшится за счет вспомогательной пружины.

В заключении данной научной статьи отмечается значимость исследования в области усовершенствования конструкции силового гидроцилиндра для напрессовки лабиринтных и внутренних колец, а также кассетных подшипников на ось колесной пары грузового вагона. Полученные результаты и разработанное решение представляют собой вклад в область гидравлической прессовой техники, обеспечивая повышение надежности и продолжительности работы оборудования.

Исследование позволило выявить основные проблемные моменты существующей конструкции гидроцилиндра и предложить эффективное техническое решение, способное оптимизировать процесс напрессовки и существенно улучшить эксплуатационные характеристики оборудования. Это имеет прямое практическое значение для производителей и инженеров, работающих в области грузовых вагонов и гидравлической прессовой техники.

Ожидается, что результаты данного исследования будут востребованы при разработке новых конструкций гидроцилиндров и обновлении существующих моделей, а также способствуют повышению конкурентоспособности и эффективности производства в данной отрасли. В целом, данная работа вносит важный вклад в развитие современной техники и может служить отправной точкой для дальнейших исследований в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- [1] Основные показатели железнодорожного транспорта за 2023 год. <https://stat.gov.kz> / Дата обращения: 18 декабря 2024.
- [2] Попова Т.А., Попов А.П. Безопасная эксплуатация вагонов при наличии неисправностей // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 05. – С.51-59. doi: 10.30987/2782-5957-2023-5-51-59.
- [3] Руководство по эксплуатации УМК-01 РЭ «Устройство напрессовки колец УМК-01», ООО «УМК».
- [4] Паспорт и руководство по эксплуатации СГк ПС и РЭ «Силовой гидроцилиндр на гидравлический пресс напрессовки лабиринтных и внутренних колец, кассетных подшипников ГП-40МК», ООО «УМК».
- [5] Исаев О.Н., Чистяков А.П. Установка холодной напрессовки. Патент №2526349 РФ, МПК В23Р 11/00. №2013101379/02; Заявл. 2013.01.10; Оpubл. 2014.08.20.
- [6] Чистяков А.П., Литвинов П.Ю. Установка холодной напрессовки подшипникового узла железнодорожной колесной пары. Патент №2583230 РФ, МПК В23Р 19/027. №2014151100/02; Заявл. 2014.12.16; Оpubл. 2016.05.10.

УДК 621.793

Тұрабеков Е.С. (инженер, ТОО «PlasmaScience»), Рахадиллов Б.К. (жетекші ғылыми қызметкер, ТОО «PlasmaScience»)

АУА-ПЛАЗМАЛЫҚ БҮРКУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН ИНТЕРМЕТАЛДЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа: Бұл жұмыстағы зерттелген Fe-Cr-Al жабындар жақсы дамыған ауа-плазмалық бүрку әдісін қолдана отырып алынды. Тәжірибелік зерттеулер жабындардың микорқұрылымы мен механикалық қасиеттері бүрку параметрлеріне (жұмысшы газдың ағыны мен тоқ дозасы) тығыз байланысты екенін көрсетеді. Fe-Cr-Al жабындарының механикалық және трибологиялық қасиеттері металаб 502 және трибометр TRB³ көмегімен зерттелді. Алынған нәтижелер механикалық және трибологиялық қасиетінің жоғары екенін көрсетті.

Түйін сөздер: Ауа-плазмалық бүрку, қаттылық, тозуға төзімділік, микроқұрылым, ауа плазмасылық бүрку, жабын, трибология.

Кіріспе

Қазіргі заманғы өндірістің маңызды мәселесі – жұмыс кезінде бөлшектер мен металл конструкциялардың тозуы. Тозуға төзімділік пен қызмет ету мерзімін арттыру үшін қорғаныс жабындарын қолдану арқылы өнімдердің бетін ғана өзгерту жеткілікті.

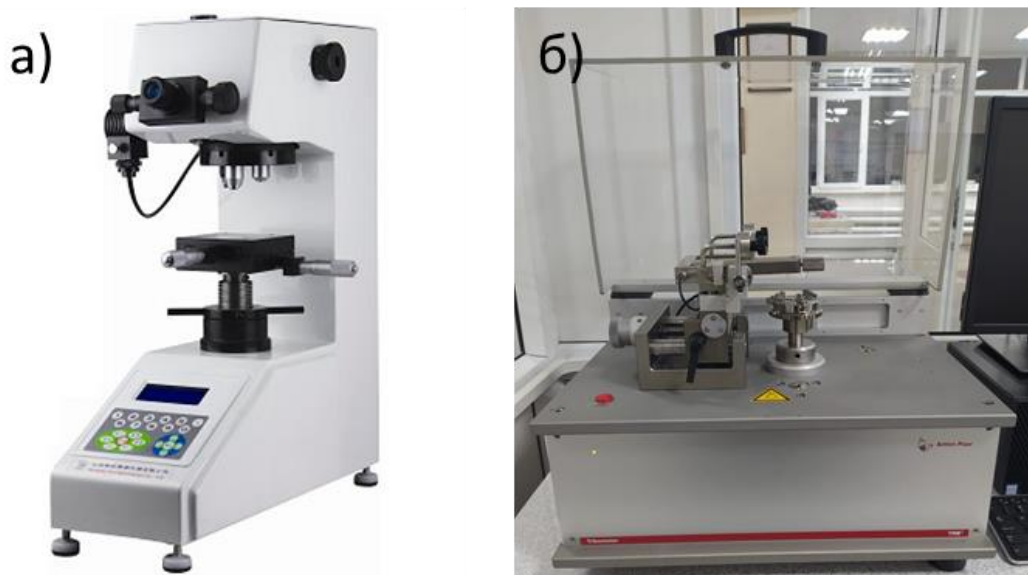
Ауа плазмалық бүрку - бұл жоғары адгезия, бетті жергілікті өңдеу мүмкіндігі, субстратқа төмен термиялық әсер ету, қолданар алдында бетті дайындауға қатаң талаптардың болмауы сияқты маңызды артықшылықтарға ие әдіс [1, 2].

Қорғаныс жабындарын жасау саласында Fe-Ni қорытпаларға негізделген материалдарды әзірлеу танымал бағыт болып табылады [3-6]. Мұндай материалдарда құрлымы жоғары қаттылық пен тозуға төзімділікті қамтамасыз етеді, ал никель матрицасы беріктік пен коррозияға төзімділікті арттырады [7, 8]. Жалпы Cr, Al элементтерімен легірлеу кезінде жабында хром оксиді және алюминий оксидінің қатты ерітіндісі түзіледі, бұл микро және макро жарықтары жоқ үздіксіз жабынның пайда болуына әкеледі. Айта кету керек, болатты никельмен легирлеу оның қаттылығының, беріктігінің және икемділігінің жоғарылауына әкеледі [9, 10]. Хромның металл байламына және трибологиялық қасиеттерін, сондай-ақ алынған жабындарының ыстыққа төзімділігін арттырады [11]. Әдеби шолуға сүйенсек FeCr ұнтақты жабындар құрамына 10% Al енгізу жабынның өсу жылдамдығын арттыратынын анықтадық, сонымен қатар тозуға төзімділігі артады делінген. Сол себептен бұл зерттеу Fe-Cr-Al негізіндегі ұнтақпен ауа-плазмалық бүрку әдісі арқылы 20X13 болатқа бүркілген жабындардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеуге бағытталған.

Әдістер мен материалдар

Зерттеу материалы ретінде диаметрі 50 мм, қалыңдығы 4 мм 20X13 болаты таңдалды. Fe-Cr-Al негізіндегі жабындарды алу бойынша тәжірибелер режимі 1-ші-кестеде көрсетілген.

Жабынның қалыңдығы мен құрлымын анықтау үшін Альтами МЕТ 5С оптикалық микроскопы пайдаланылды. Микроқаттылықты өлшеу МЕМС 9450-76 сәйкес Металаб 502 құрылғысында жүргізілді (сурет 1а). Микроқаттылықты өлшеу әдісі 100 г сыртқы жүктеменің әсерінен сынақ үлгісіне төртбұрышты негізі бар алмазды тетраэдрлік пирамиданы енгізуден және осы жүктеме кезінде 10 с ұстау уақытынан тұрды.



Сурет 1. а) Металаб 502 құрылғысы, б)Трибометр TRB³

Сонымен қатар трибологиялық сынақтар TRB³ трибометрінде "шар-диск" схемасына негізделген стандартты әдісіне (ASTM G99 халықаралық стандарттары) сүйене отырып жүргізілді (сурет 1б). Үлгінің айналу жылдамдығы - 3 см/с, жүктеме 10 Н, диаметрі 6 мм болатын 100Cr6 болаттан жасалған шар қарсы дене ретінде пайдаланылды. Тозу көлемін профилометр 130 қондырғысының көмеге арқылы зерттелді. Бұрку режимі 1-ші кестедегідей параметірлер бойынша жүргізілді

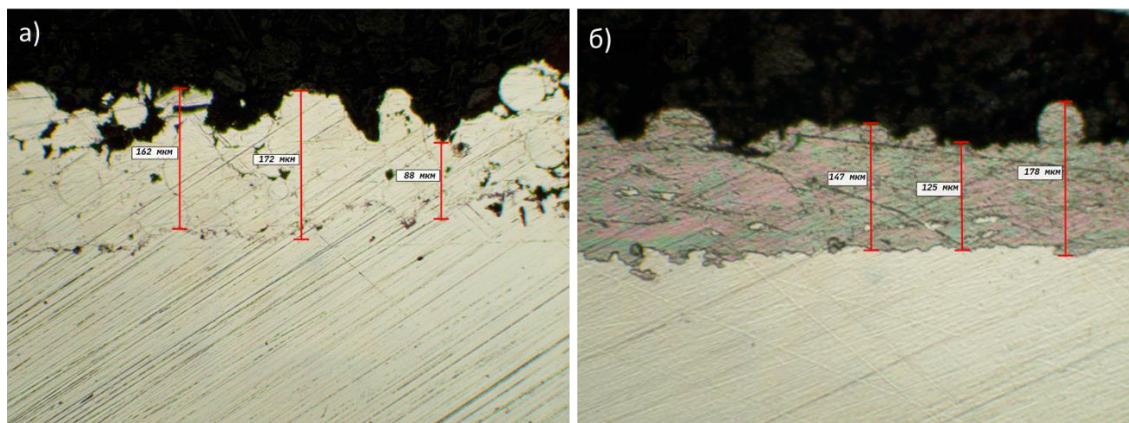
Кесте-1. Бұрку режимі

Режим	Сутек газ шығыны	Аргон шығыны	Ток	Тасымалдаушы газ шығыны	Қашықтық	Робот манипуляторының жылдамдығы
1	14 л/мин	65 л/мин	600 А	4 л/мин	160 мм	200 мм/с
2	7 л/мин	65 л/мин				

Нәтижелер және оны талқылау

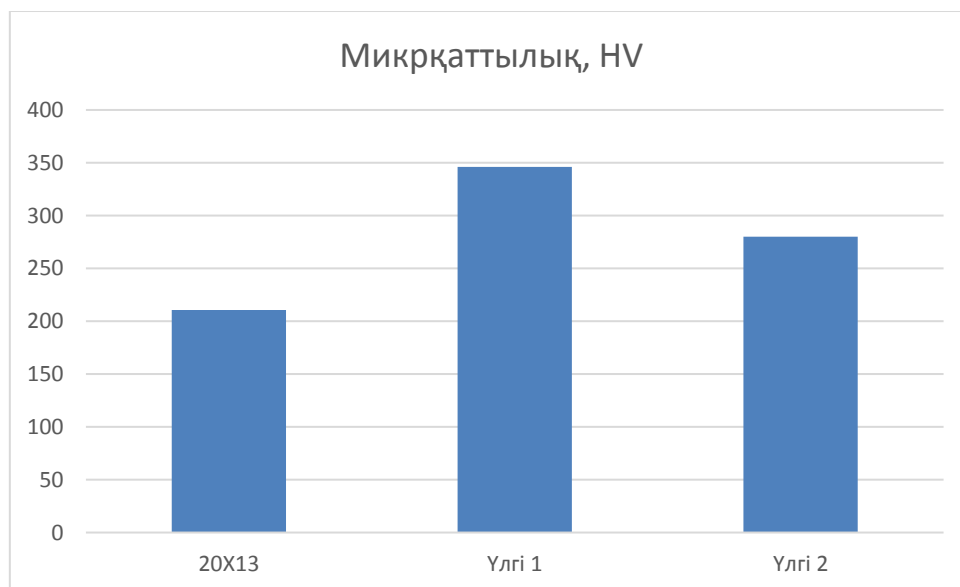
Оптикалық микроскоппен алынған Fe-Cr-Al негізіндеге жабындарының көлденең қыймасының жалпы көрінісі 2-ші суретте көрсетілген. Жабындардың қалыңдығы шамамен 80-140 мкм. Оптикалық микроскоп нәтижелері алынған жабындар құрылымының біртектілігін көрсетеді, ол өз кезегінде плазмалық ағындағы ұнтақ бөлшектерінің біркелкі қызуымен байланысты. Жабын

материалында термиялық бүрку әдістеріне тән ұнтақ бөлшектерінің сәл деформацияланған конгломераттары бар. Сонымен қатар композит жабындарға тән қоспалы құрылымдық элементтердің барын көруге болады.



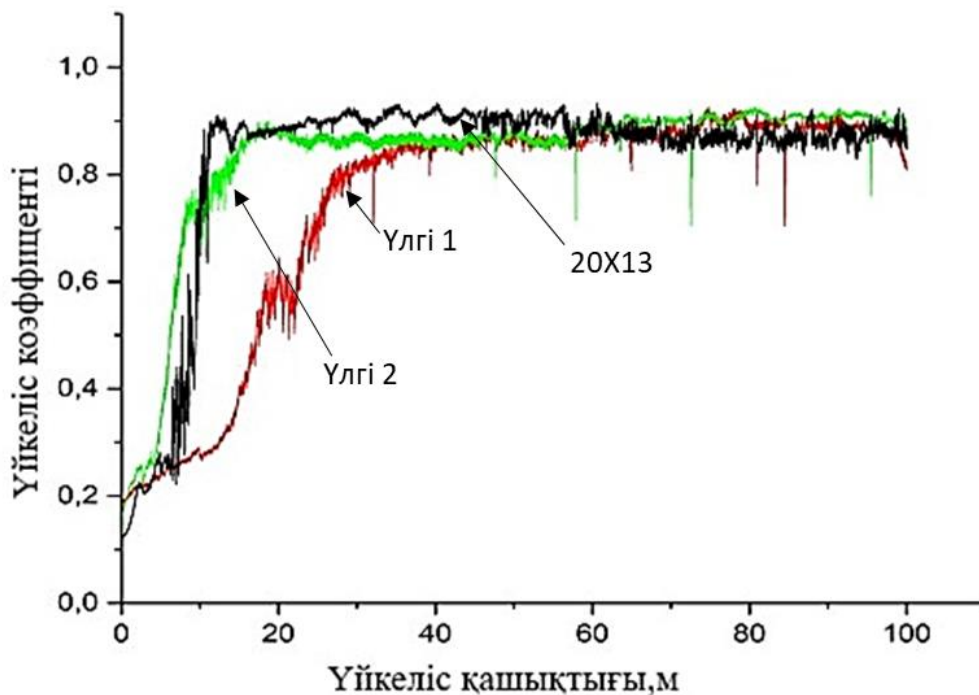
Сурет 2. Жабын үлгілерінің көлденең қимасының кескіні.

Тозуға төзімділікке айтарлықтай әсер ететін қасиеттерінің бірі қаттылық екенін ескере отырып, бұл жұмыста жабынның және 20X13 болаттың беткі қабатының микроқаттылығы зерттелді (сурет 3). 20X13 болаттың микроқаттылығы бастапқы күйде 200HV. 1-ші режимде бүркілген үлгінің микроқаттылығы бастапқы күймен салыстырғанда 40% (349HV) артқанын көруге болады. Ал 2-ші режимде бүркілген үлгінің микроқаттылығы бастапқы күймен салыстырғанда 20% (271HV) артқанын көруге болады. Бұл айырмашылықтар бүрку кезіндегі сутек газ шығынының мөлшеріне қатысты болуы мүмкін деген болжам бар.



Сурет 3. Үлгілердің микроқаттылығы

Сонымен қатар үлгілердің трибологиялық қасиеттері зерттелді. Үйкеліс коэффициентінің қашықтыққа тәуелділігінің графигі 4-ші суретте көрсетілген. Сынақ «шар-диск» схемасы бойынша жүргізілді, үйкеліс қашықтығы 100 метр, жылдамдығы 2 см/с, жүктеме 5 Н. Сынақ нәтижелері орташа үйкеліс коэффициенттері қалыпты күш 5 Н және өзара қозғалыс жылдамдығы 2 см/с, кезіндегі үлгілердің үйкеліс коэффициенті 0,7-0,8 мәні аралығында екенін көрсетті.



Сурет-1. Трибологиялық сынақтар нәтижесі

Қорытынды

Осылайша, ауа-плазмалық бұрку әдісімен орташа қалыңдығы шамамен 100 мкм болды Fe-Cr-Al жабындары алынды. Жұмыста алынған нәтижелерді талдай отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады:

1. Оптикалық микроскоппен алынған құрлым нәтижесі Fe-Cr-Al жабынының құрлымы бір текті, кеуексіз және шытынаусыз екенін көрсетті.

2. Микроқаттылық мәні 349 $HV_{0,1}$ болды. Алынған деректер микроқаттылықтың жоғарылауы, Fe-Cr-Al жабындарының тозуын азайтуға көмектеседі деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

3. Fe-Cr-Al жабынының тозуға төзімділігі құрғақ үйкеліс коэффициенті 20X13 болатымен салыстырғанда айтарлықтай өзгеріс көрсетпеді.

Ауа-плазмалық бұрку (АПБ) ғылыми зерттеулер мен өнеркәсіптік қолдану саласындағы маңызды әдіс болып табылады. Осы зерттеудің нәтижелері АПБ қаттылық пен адгезияның жоғарылауы сияқты қажетті қасиеттері бар жабындарды қалыптастырудың тиімді әдісі екенін растайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Yaghtin, A. H., Salahinejad, E., Khosravifard, A., Araghi, A., & Akhbarizadeh, A. (2015). *Corrosive wear behavior of chromium carbide coatings deposited by air plasma spraying. Ceramics International*, 41(6), 7916–7920. doi:10.1016/j.ceramint.2015.02.131
2. Кенесбеков А.Б., Рахышов Т.Т., Рахадиллов Б.К. Модификация оборудования и способа нанесения покрытий методом воздушно-плазменного напыления // VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ. –2020. –С.66-68
3. Ахмедьянов А. М., Рушиц С. В., Смирнов М. А. Физическое и математическое моделирование горячей деформации стали 20Х13 //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. – 2013. – Т. 13. –№. 2. – С. 116-124
4. Кенесбеков А.Б., Рахышов Т.Т., Рахадиллов Б.К. Модификация оборудования и способа нанесения покрытий методом воздушно-плазменного напыления // VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ. –2020. –С.66-68.
5. Mauer, G., Vaßen, R., & Stöver, D. (2009). *Atmospheric plasma spraying of yttria-stabilized zirconia coatings with specific porosity. Surface and Coatings Technology*, 204(1-2), 172–179. doi:10.1016/j.surfcoat.2009.07.017
6. Федоров С. В. Основное уравнение трения и износа //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – №. 4-3. – С. 888-891
7. Bhushan, Bharat. "Introduction to Tribology." Wiley, 2013.
8. Бенар Ж. Окисление металлов т. 1. Теоретические основы. – 1967.
9. Rakhadilov, B. K., Kenesbekov, A. B., Sagdoldina, Z. B., & Stepanova, O. A. (2020, April). Tribological And Corrosion Characteristics Of Coatings Based On Chromium Nitride Deposited By The Mechanochemical Method. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1529, No. 4, p. 042101). IOP Publishing.
10. Sagdoldina, Z., Rakhadilov, B., Kurbanbekov, S., Kozhanova, R., & Kengesbekov, A. (2021). Effect of irradiation with Si⁺ ions on phase transformations in Ti–Al system during thermal annealing. *Coatings*, 11(2), 205.
11. Кирюханцев-Корнеев, Ф. В., Сытченко, А. Д., & Левашов, Е. А. (2019). Сравнительное исследование электроискровых покрытий, полученных с использованием электродов TiC–NiCr и TiC–NiCr–Eu₂O₃. *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya*, (5), 67-78.

УДК 629.331

Тұрдыбек А. (23-МТТ-2зт, ВКТУ), Байгереев С.Р. (PhD, ВКТУ)

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ЛЕДОСКАЛЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

Аннотация. В данной работе представлены теоретические результаты исследования рабочего органа ледоскалывающей машины повышенной эффективности. Совершенствование рабочего органа заключается в том, что внесены конструктивные изменения в существующие конструкции, позволяющие повысить энергию разрушения льда. В рамках проведенных теоретических исследований определена зависимость скорости соударения бойка, а также напряжения от частоты вращения рабочего органа. Получены результаты апробации выведенных математических зависимостей. Результаты статьи позволят провести экспериментальные исследования новой конструкции рабочего органа ледоскалывающей машины.

Ключевые слова. Ледоскалывающая машина, боек, рабочий орган, разрушение льда, напряжение, коммунальная машина, математическая модель, теоретические исследования.

Актуальность работы. На сегодняшний день вопрос удаления льда с поверхности дорог является актуальным [1-7]. Это связано с необходимостью исключения дорожно-транспортных происшествий, а также исключения дорожно-транспортного травматизма.

Одним из наиболее распространенных способов разрушения льда является применение ледоскалывающих машин (рисунок 1). Скалыватель льда - это самостоятельное оборудование или это сменный рабочий орган к щеточному оборудованию, предназначенный для разрушения ледяного покрова и спрессованного снега на дорогах, остановках, тротуарах и обочинах. Работы по зимнему содержанию тротуаров, внутриквартальных проездов, придомовых и других территорий в стесненных условиях в основном проводятся дворниками вручную. Периодичность выполнения зимних уборочных работ по очистке тротуаров во время снегопада зависит от класса тротуара, но даже самая опытная бригада дворников с лопатами и скребками при обильных снегопадах не укладывается в установленные сроки. Механизированная очистка тротуаров шириной более 3,5 м, а также внутриквартальных проездов и дворов выполняется, как правило, машинами, предназначенными для проезжей части улиц при удовлетворительной несущей способности покрытий.

Скалыватель льда предназначен для разрушения слоя накатанного снега и льда на проезжей части дорожного полотна, улицах, тротуарах и во дворах городских и сельских поселений.

Ледоскалывающая фреза функционирует благодаря свободному вращению подпружиненного барабана, оснащенного специальными стальными шипами. Во время движения транспортного средства вращающийся зубчатый барабан равномерно разрушает снежно-ледяную корку по всей ширине захвата на глубину до 50 мм. При использовании совместно с плужным отвалом - оставляет ровную, шероховатую поверхность, тем самым повышая безопасность движения на дорогах.



Рисунок 1 – Общий вид ледоскалывающей машины

Скалыватель в разы сокращает время удаления льда, а благодаря размерам позволяет это делать также в небольших дворах и узких переулках. Скалыватель льда внесет неоценимый вклад в безопасность дорожного движения при гололедице, часто становящейся причиной дорожных затруднений на городских улицах, не повреждая поверхность асфальтобетона, не разрушает дорожное покрытие, благодаря равномерному распределению нагрузки, отделяет за один проход на скорости 40 км/ч полностью весь лёд, тем самым при его работе уменьшается риск по возникновению ситуаций с пробками на городских дорогах. используется для устранения келейности на трассах и дорогах общего пользования, летом ледоскалыватель может быть применен для восстановления поверхности гравиевых дорог и ремонта последствий весенней распутицы и используется для обслуживания (рыхления, выравнивания) грунтовых дорог и ипподромов.

Для удаления льда и уплотненного снега используется скалывающерыхлительное оборудование в виде навесного рабочего органа, устанавливаемого на базовое шасси колесного трактора или грузового автомобиля. По типу воздействия на снежно-ледяной слой различают рабочие органы пассивного и активного принципа действия. Пассивный рабочий орган в виде металлического барабана с шипами или гребенчатый нож бульдозерного типа разбивают лёд или уплотненный снег при поступательном движении скалывателя, оставляя после себя шероховатую поверхность. Также применяется скрепер в виде навесного оборудования с диском для мини-погрузчиков, отделяющий снежную или ледяную корку за счет бортового поворота шасси.

Недостаток существующих конструкций заключается в сложности получения высоких значений силы удара, что не позволяет в полной мере осуществить разрушение льда. Таким образом, можно выделить направление совершенствования их конструкций с целью повышения силы воздействия рабочего органа ледоскалывателя на ледовое покрытие. Для этого можно применить принцип повышения частоты вращения рабочего органа за счет использования мультипликатора. Как вариант, возможно применить ледоскалыватель, состоящий из барабана, стержня с закрепленными на них сферическими бойками, солнечной шестерни, сателлитов, коронной шестерни и водила. Данная конструкция агрегируется на передний механизм навески или фронтальный погрузчик колесного трактора. За счет разности диаметров коронных шестерней и сателлитов происходит увеличение скорости движения сателлитов относительно центра коронных шестерней. Ускоренное движение сателлитов приводит к ускоренному движению водилы, которое связано с сателлитами. В соответствии с конструкцией, водила непосредственно соединено с барабаном, на котором закреплены сферические бойки. Как результат, при взаимодействии бойков с поверхностью льда, разрушение последнего осуществляется с повышенной эффективностью.

В работе [8] приведена математическая модель разрушения льда сферическим бойком. На основании данной модели, проведены нижеприведенные расчеты по определению зависимости напряжения от частоты вращения рабочего органа.

Для проведения вычислительного эксперимента выберем следующие диапазоны изменения параметров:

- 1) частота вращения барабана ледоскалывателя;
- 2) диаметр сферического бойка.

Вычислительный эксперимент будет проведен при следующих исходных данных (таблица 1):

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Наименование параметра	Обозначение	Значение параметра
Коэффициент Пуассона льда	μ	0,33
Модуль упругости льда	E	$2,8 \cdot 10^{10}$ Па
Диаметр сферического бойка	$d_{сб}$	5; 10; 15; 20 мм
Масса сферического бойка	$m_{сб}$	0,51 кг; 4,08 кг; 16,72 кг; 32,66 кг
Частота вращения барабана	n_{ϕ}	116...1160 об/мин

Для разрушения льда определенной толщины необходимо в разрушаемом льду создать разрушающие напряжения определенной величины, а именно, не менее 66 МПа на периферии площадки контакта или не менее 99 МПа в центре площадки контакта.

Определим количественную зависимость напряжения на периферии площадки контакта от частоты вращения барабана.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

Частота вращения барабана, об/мин	Скорость соударения бойка со льдом, м/с	Значение напряжения в центре, МПа
116	4,85	41,89
166	6,95	48,35
216	9,05	53,72
266	11,14	58,39
316	13,24	62,55
366	15,33	66,33
416	17,42	69,82
466	19,52	73,07
516	21,61	76,11
566	23,71	78,97
616	25,8	81,69
666	27,89	84,28
716	29,99	86,76
766	32,09	89,13
816	34,18	91,42
866	36,27	93,62
916	38,37	95,74
966	40,46	97,8
1016	42,55	99,79
1066	44,65	101,73
1160	48,59	105,23

Графическая интерпретация зависимости напряжения, создаваемого на льду от частоты вращения барабана приведена на рисунке 2.

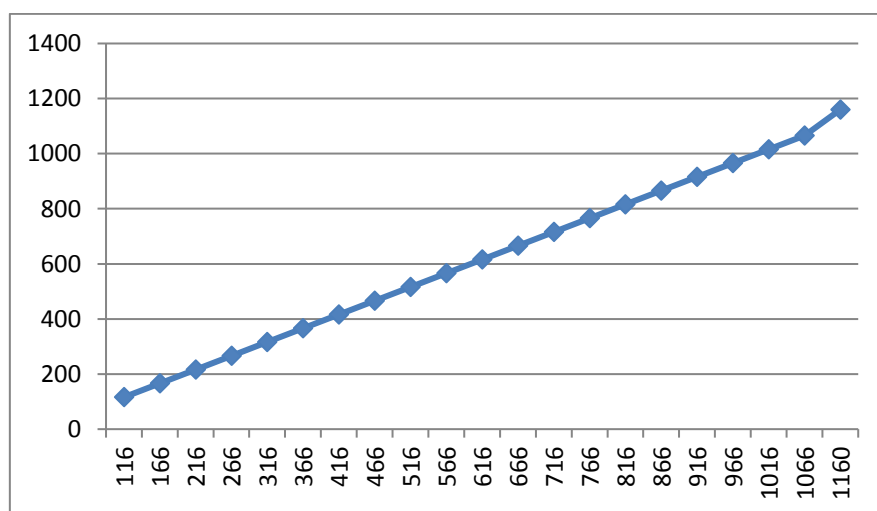


Рисунок 2 – Графическая интерпретация результатов расчета

Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением частоты вращения барабана с минимального значения до максимального, значение напряжения увеличилось на 60%. Это означает, что предлагаемый конструктивный способ совершенствования ледоскалывающих машин является эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Гусев Л.М. Борьба со скользкостью городских дорог. – Москва: Стройиздат, 1984. – 87 с.
- 2) Анализ уровня зимнего содержания автомобильных дорог и тротуаров в г. Москве с 2008 по 2015 год. – М.: РусИнфоСервис, 2015. – 28 с.
- 3) Афанасьев И.А., Эдельман А.В., Афанасьева Л.И. Зимнее содержание улиц и дорог населенных мест Западного Урала. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006. – 73 с.
- 4) Куляшов А.П., Молев Ю.И., Шапкин В.А. Зимнее содержание дорог. – Н. Новгород: НГТУ, 2012. – 369 с.
- 5) Куляшов А.П. Современные методы разрушения льда. – М.: Спутник, 2005. – 134 с.
- 6) Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: Уч. пособие для вузов по дисциплине «Дорожные машины» / В.И. Баловнев, М.А. Беляев и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд., дополн. и перераб. – Москва-Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с.
- 7) Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учебник. – М.: Академия, 2019. – 320 с.
- 8) G. Guryanov, S. Baigereyev, A. Vavilov, B. Abdeyev, O. Vasilyeva, A. Likunov. The model of ice destruction on a solid surface by spherical striker impact / International Review of Mechanical Engineering, Vol. 17 (1), 2023.

УДК 005

Уәлихан Н. (23-ТЭК-1, ВКТУ), Кабдулбекова М.Е. (23-ТФК-1, ВКТУ),
Серіктаева А.С. (оқытушы, ШҚТУ)

ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУ МЕН БАСҚАРУ ҮДЕРІСІНІҢ UML, IDEF, АЛГОРИТМДІК ҮЛГІЛЕРІН ҚҰРУ

Аңдатпа. Бұл зерттеу Unified Modeling Language (UML), integrated definition for Function Modeling (IDEF) сияқты модельдерді құруға, сондай-ақ жоғары оқу орындары контекстіндегі тәуекелдерді бағалау және басқару процестерін зерттеуге және талдауға бағытталған. Құрылған үлгілер білім беру саласына ғана арналып жасалған. Жұмыс ISO 31000:2018 Тәуекел менеджменті. Ұстанымдар мен басқарушылық нұсқаулар халықаралық стандартына негізделі жасалған. Зерттеу нәтижелері ақпараттық технологиялар, жобаларды басқару және тәуекелдерді басқару саласындағы мамандарға, әсіресе жоғары оқу орнының басқаушылық қызметтеріне пайдалы болуы мүмкін.

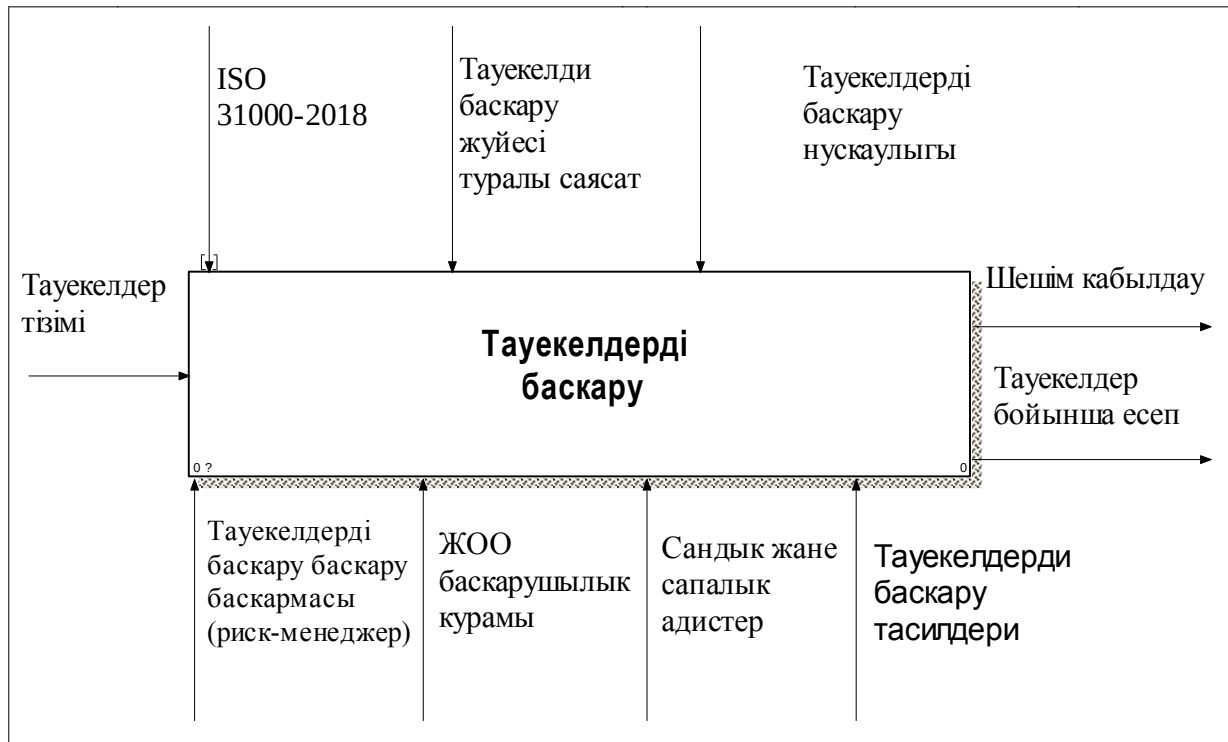
Түйін сөздер: тәуекел, тәуекелді бағалау, UML, IDEF, алгоритмдік үлгі.

Қазіргі заманда жоғары оқу орындарының қызметіне көптеген үдерістер айтарлықтай әсер етеді. Сондықтан онда орын алатын тәуекелдерді бағалау мен басқару маңызды болып табылады. Осы бағалау мен басқару үрдістерін түсіну үшін UML, IDEF, алгоритмдік үлгілері құрылып отыр. Үлгілер ISO 31000:2018 Тәуекел менеджменті. Ұстанымдар мен басқарушылық нұсқаулар халықаралық стандартына негізделі жасалған [1].

Жоғары оқу орнындағы тәуекелдерді басқару үдерісінің контекстік үлгісін құру үшін AllFusion Process Modeler бағдарламалық құралы пайдаланылды. «Тәуекелдерді басқару үдерісінің» IDEF0 моделін құру бірнеше қадамдардан тұрады. IDEF0- модель сурет 1–де көрсетілген.

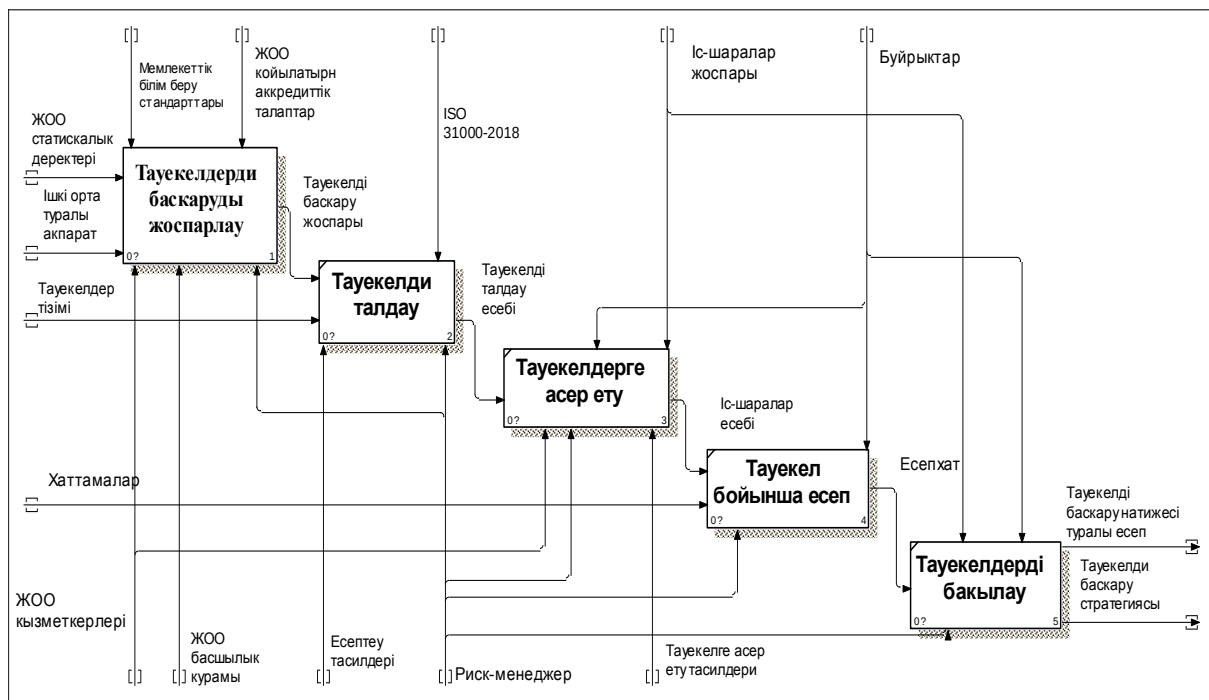
Біздің жағдайда негізгі блок «тәуекелдерді басқару» болып табылады. Кіріс нұсқағышы «Тәуекелдер тізімі» болсын [2]. Ал басқарушы нұсқағыштарының рөлін «ISO 31000-2018», «Тәуекелді басқару жүйесі туралы саясат», «Тәуекелдерді басқару нұсқаулығы» орындайды. Жұмыстың механизмі болып тәуекелдерді басқару басқармасы (риск-менеджер), ЖОО басқаушылық құрамы, сандық жәрне сапалық әдістер және тәуекелдерді басқару тәсілдері табылады. Шығыс нұсқағыштарын «Шешім қабылдау» және «Тәуекел бойынша есеп» деп есептейміз.

ЖОО-дағы тәуекелдерді басқару процессінің контекстік үлгісі сурет 1-де көрсетілген.



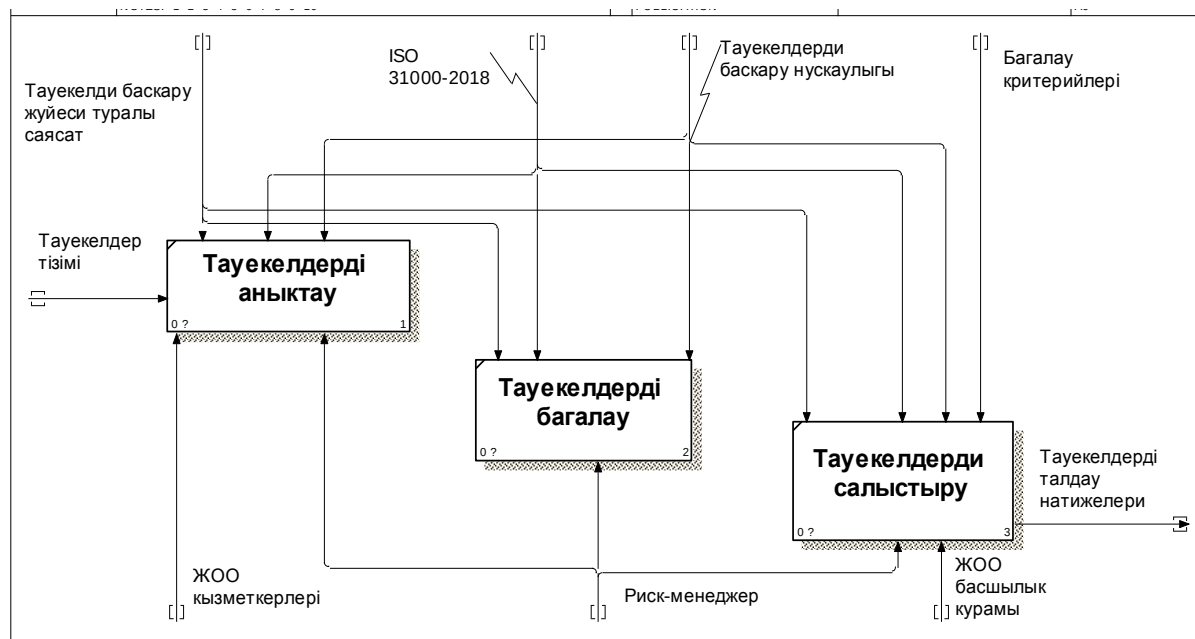
Сурет 1. ЖОО-дағы тәуекелдерді басқару процессінің контекстік үлгісі

Жоғары оқу орнындағы тәуекелдерді басқару үдерісі мынадай негізгі кезеңдерден тұрады (Сурет 2).



Сурет 2. ЖОО-дағы тәуекелдерді басқару үдерісінің функционалды моделі

Соның ішінде тәуекелді талдау сурет 3–тегідей кезендерден тұрады.



Сурет 3. ЖОО-дағы тәуекелдерді талдау үдерісінің функционалды моделі

Тәуекелді басқару жүйесі де белгілі бір алгоритмге бағынады (Сурет 4). Тәуекелді бағалау мен басқару алгоритмі оны анықтаумен басталып, бақылаумен аяқталады.

Алгоритмдерді ұсынудың негізгі формасы - "шешім ағашы" негізінде схема. Алгоритмдік модель блок-схема қағидаты бойынша құрылған. Тәуекелдерге сандық бағалау жасалады.

Сандық бағалауда келесі шкалалар қолданылады:

1) залалды (U) есептеу үшін 5 баллдық көрсеткіш қолданылады: елеусіз/ төмен / орташа / елеулі / апатты;

2) ықтималдықты (P) есептеу үшін 5 баллдық көрсеткіш қолданылады: төмен/ орташа / орташадан жоғары / жоғары / өте жоғары.

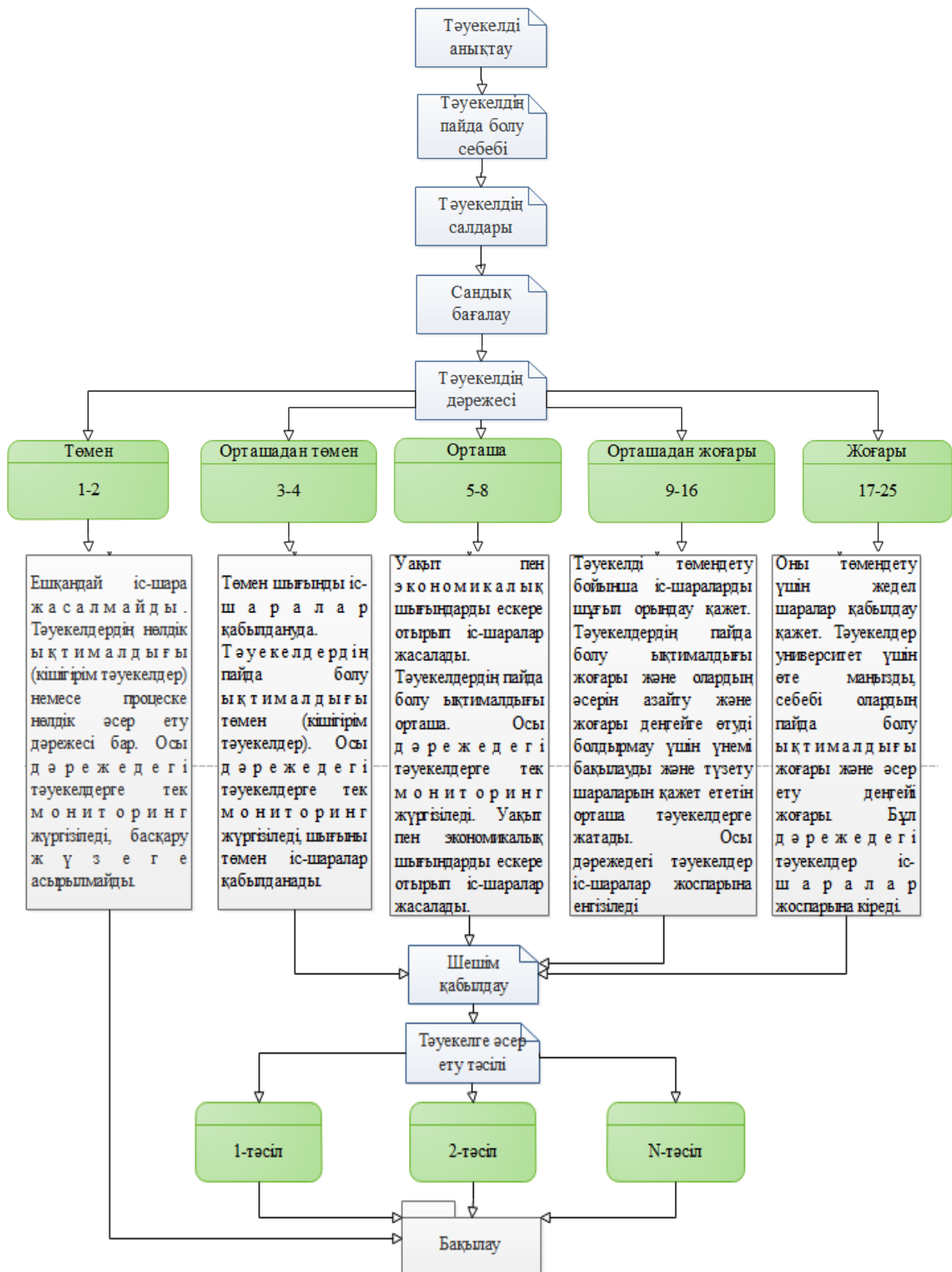
Осы екі көрсеткіш негізінде тәуекел деңгейі (R) анықталады. Оны (1) формуламен анықтауға болады [3].

$$R = P \times U \quad (1)$$

Тәуекел деңгейі де 5 баллдық көрсеткішпен бағаланады:

- 1-2- төмен, ешқандай іс-шара жасалмайды;
- 3-4- орташадан төмен, шығыны төмен іс-шаралар қабылданады;
- 5-8- орташа, уақыт пен экономикалық шығындарды ескере отырып іс-шаралар жасалады;
- 9-16- орташадан жоғары, тәуекелді төмендету бойынша іс-шараларды шұғыл орындау қажет;
- 17-25- жоғары, оны төмендету үшін жедел шаралар қабылдау қажет.

Бағалау барысында тәуекелді белгілі бір деңгейге жатқызып, сәйкесінше белгілі бір әсер ету тәсілі белгіленіп бақыланатын болады.



Сурет 4. Тәуекелді бағалау мен басқару үдерісінің алгоритмі

Айтып өткендей тәуекелдер 5 деңгейге жіктеліп қарастырылады. 1-деңгей, яғни «төмен» деңгейге жататын тәуекелдер рұқсат етілген тәуекелге жатқызылып ешқандай іс-шара атқарылмайды. Ал қалған «орташадан төмен», «орташа», «орташадан жоғары», «жоғары» деңгейдегі тәуекелдерге белгілі бір дәрежеде іс-шаралар жасалады. Сонымен қоса барлық тәуекелдер бақыланатын болады.

Зерттеу барысында UML және IDEF, алгоритмдік модельдері сондай-ақ тәуекелдерді бағалау және басқару процестері қарастырылды. Әдістемелердің әрқайсысының негізгі артықшылықтары мен шектеулері анықталды және модельдерді тиімді құру мен тәуекелдерді басқарудың негізгі қадамдары анықталды.

UML және IDEF үлгілері жүйенің құрылымы мен мінез-құлқын жақсы түсінуге көмектесетін көрнекі және түсінікті модельдер жасауға мүмкіндік береді. Тәуекелдерді бағалау және басқару процестері жобаларды, қандай да бір жаңа ойларды сәтті жүзеге асыруда шешуші рөл атқарады. Олар тәуекелдерді анықтауға, талдауға және басқаруға мүмкіндік береді, бұл жоспарлау мен шешім қабылдауды жақсартуға көмектеседі.

Тұтастай алғанда, алгоритмдік модельдер мен тәуекелдерді басқару процестерін құру әдістерін түсіну және қолдану ақпараттық технологиялар мен жобаларды басқарудағы табысты жұмыстың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл әдістемелер мен құралдар мақсатқа жетуге және жоғары оқу орнындағы тәуекелдерді азайтуға көмектесетін тиімді және сенімді жүйелерді құруға көмектеседі.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Международный стандарт ISO 31000:2018 Управление рисками-Руководство URL: [https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-31000-2018-\(rus\).pdf](https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-31000-2018-(rus).pdf) (07.03.24)
2. «Четыре Д» сайты. URL: <https://software.by/info/blogs/1c/idef0-what-is-and-how-to-use/> (09.03.24)
3. Абдырахманов А.А., Мендыбаев М.А., Арифджанов С.Б. Математическое определение риска. "Көкшетау техникалық институтының хабаршысы" журналы. - Көкшетау. -2018. - №1 (29). - 28-33 б. URL: <http://rmebrk.kz/journals/4394/89773.pdf#page=29> (27.12.23)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Современный этап модернизации и технического обновления промышленности характеризуется внедрением информационно-коммуникационных технологий в производство. Важной составной частью компьютерной автоматизации производства является разработка и внедрение интегрированных автоматизированных систем управления.

В статье представлена система мониторинга высокотехнологичного оборудования, используются методы системного анализа и теории принятия решений для оптимизации организационных задач при обслуживании высокотехнологичного оборудования. Рассмотрена возможность оптимизации каналов обслуживания на основе параметров, задаваемых требованиями к выполнению определенного вида работ.

Ключевые слова: система, мониторинг, техническое обслуживание, оборудование, автоматизация.

Современная модернизация промышленности включает внедрение информационных технологий. Важной частью этого процесса является создание и использование интегрированных систем управления. [1].

Создание системы мониторинга высокотехнологичного оборудования для структурирования активов компании, разработки стратегии обслуживания и ремонта, автоматизации процессов на основе данных из спецификаций, технологических карт и электронных форм. [2,3].

Созданная система обладает надежностью, долговечностью и удобством в обслуживании благодаря модульной конструкции и иерархическому подходу.

Система должна обладать следующими свойствами:

- целостность - свойства системы должны зависеть от свойств ее элементов;
- надежность - способность системы выполнять возложенные на нее задачи, сохраняя при этом эксплуатационные характеристики с течением времени;
- живучесть - способность поддерживать производительность при выходе из строя некоторых отдельных компонентов;
- эффективность - свойство, характеризующее степень его приспособляемости к поставленным задачам;
- оптимальность - система достигает минимума выбранного показателя производительности, при котором используется время отклика системы на запросы пользователей [4].

Функциональные подсистемы и задачи, которые они решают

2. Планирование профилактического обслуживания и ремонтов:

- стратегии;
- технологические карты единиц оборудования;
- графики технического обслуживания;
- электронные формы

1. Управление техническими объектами:

- основные записи единиц оборудования;
- технические характеристики единиц оборудования;
- спецификация компонентов и материалов [5].

3. Управление деятельностью:

- отчеты о чрезвычайных ситуациях и работах по восстановлению объектов;
- ведение заявок и заказов ;
- планирование производственных мощностей;
- управление подтверждениями заданий; [6].

В связи с тем, что мониторинг, техническое обслуживание и ремонт являются сложными задачами, оптимальной структурой системы является модульная структура. Такие структуры более надежны и просты в эксплуатации.

В системе мониторинга высокотехнологичного оборудования выделены следующие функциональные модули:

1. Общий интерфейс. Осуществляет навигацию по модулям системы, организует ввод информации, взаимодействует с сервером баз данных и предоставляет данные другим модулям системы.

2. Модуль доступа к данным. Обеспечивает взаимодействие клиентских функций с сервером базы данных для предоставления необходимых данных объекту мониторинга.

3. Модуль управления техническими объектами. Позволяет пользователю работать с оборудованием, имеющимся на предприятии. Включает в себя возможность создавать, изменять и удалять элементы оборудования, а также создавать спецификации оборудования и работать с ними.

4. Модуль планирования технического обслуживания и ремонта. Построение технологических карт единиц оборудования, содержащих перечень рабочих операций, выполняемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования, а также материальных и людских ресурсов.

5. Модуль истории стратегий технического обслуживания и ремонта. Создайте историю технического обслуживания и ремонта. История технического

обслуживания и ремонта оборудования включает в себя следующие данные: историю сообщений и историю технического обслуживания.

6. Интерфейс с внешними системами. Через этот интерфейс можно обмениваться данными с другими системами [7].

Оптимизация взаимосвязей между уровнями иерархии принятия решений в системе мониторинга оборудования с помощью электронных форм, баз данных и баз знаний позволит сократить время технического обслуживания и ремонта.

Такой подход позволит снизить финансовые затраты на техническое обслуживание. Необходимо определить основные параметры для реализации задач системы принятия решений по планированию ремонта высокотехнологичного оборудования [8].

Система мониторинга высокотехнологичного оборудования включает блоки для всех видов оборудования, их компонентов и агрегатов, технические характеристики и параметры эксплуатации. Каждому блоку соответствует список инженерных бригад, занимающихся техническим обслуживанием. Алфавиты системы содержат символы, указывающие на необходимые работы по обслуживанию оборудования.[9].

Наборы элементарных символов образуют векторы. Размерность вектора в алфавите означает количество его внутренних компонентов. С помощью конечных наборов символов из заданных алфавитов описываются уровни соответствующих блоков.

Алфавиты высокотехнологичного оборудования, узлов и агрегатов могут иметь разные размеры, а их компоненты кодируются определенным набором элементарных символов (таблица 1): $l = 1, \dots, L$ - тип высокотехнологичного оборудования, a_l - компонент алфавитов агрегатов l -го типа высокотехнологичного оборудования, $a_l = 1, \dots, A_l$, где A_l – количество агрегатов l -го типа высокотехнологичного оборудования, n_l -количество высокотехнологичного оборудования l -го типа: $n_l = 1, \dots, N_l$, N_l - количество высокотехнологичных-технологическое оборудование l -го типа [10].

Агрегаты каждой единицы высокотехнологичного оборудования фиксируются во время технического обслуживания и ремонта.

Таблица 1- Алфавитные указатели агрегатов высокотехнологичного оборудования

Виды высотехнологичного оборудования	Количество высотехнологичного оборудования каждого типа	Компоненты алфавитов агрегатов высотехнологичного оборудования каждого типа
l	1_l	$1_l \dots a_l \dots A_l$
l	n_l	$1_l \dots a_l \dots A_l$
L	N_l	$1_L \dots a_L \dots A_L$

Таким образом, важной целью является совершенствование процесса технического обслуживания высокотехнологичного оборудования, минимизация временных затрат на техническое обслуживание и повышение качества ремонта.

В статье представлена система мониторинга высокотехнологичного оборудования, использующая методы системного анализа и теории принятия решений для оптимизации организационных задач при обслуживании высокотехнологичного оборудования [11]. Мы также рассматриваем возможность оптимизации обслуживания на основе требований к работе. Система мониторинга оборудования учитывает все его компоненты, характеристики и бригады, выполняющие обслуживание. [12].

Высокая производительность служб технического обслуживания в условиях различных факторов неопределенности (аварии, отказ оборудования и нештатные ситуации) является, безусловно, важнейшим условием обеспечения безопасности эксплуатации [13].

Уменьшение количество неопределенных факторов и повышение надежности высокотехнологичного оборудования - основная цель внедрения системы мониторинга высокотехнологичного оборудования.

Используя представленные функциональные модули системы мониторинга, позволит предприятию координировать план ремонта для каждой инженерной службы: исключить время простоя, свести к минимуму несогласованность между смежными службами для ремонта отдельных узлов и агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. A. M. Korneev., S. L. Blyumin, A. M. Nagi, Modelling Processes of Functioning of Complex Multistage Production System, International Journal of Advanced Biotechnology and Research, Vol. 9 (1), pp. 1332- 1337, (2018)
2. Каримова, Н. О. Автоматизированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования / Н. О. Каримова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017.
3. A. M. Kozlov, Kh. M. Al-jonid, A. A. Kozlov, Sh D Antar, Product quality management based on CNC machine fault prognostics and diagnosis, MEACS 2017 IOP Publishing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327, 022067, (2018)
4. Матюшин В. А., Антоненко И. Н. Автоматизация управления техническим обслуживанием и ремонтами на металлургическом предприятии // Автоматизация в промышленности. 2007. № 9. С. 42–46.
5. S. N. Grigoriev, A. G. Andreev, G. M. Martinov, Prospects for the development of cross-platform computer systems for numerical software control of high-tech equipment, Automation in Industry, No. 5, pp. 3-8, (2011)
6. Yu. I. Savinov, Debugging and adjustment of CNC machines using methods of non-selective diagnostics, Tools, technologies, and equipment, 10, pp. 50-52, (2008)

7. F. Camci, Autonomous, Process Monitoring, Diagnostics, and Prognostics Using Support Vector Machines and Hidden Markov Models (Ph.D. Dissertation, Industrial and Manufacturing Engineering, Wayne State University, Detroit, MI, USA, 2005)
8. A.M. Shmyrin, A.G. Yartsev, Damping procedure for mixed control with variable coefficients of the neighborhood model, *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(3), pp. 21–23, (2018)
9. A.G. Yartsev, A.M. Shmyrin, E.S. Podvalny, Options for Identification and Mixed Control of Neighborhood Systems, *Proceedings - 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019*, pp. 56–59, 8947576, (2019)
10. P. Saraev, S. Blyumin, A. Galkin, A. Sysoev, Mathematical Remodeling Concept in Simulation of Complicated Variable Structure Transportation Systems, *Transportation Research Procedia*, 45, pp. 475–482, (2020)
11. A. Pogodaev, A. Galkin, P. Saraev, A. Miroshnikov, The Development of Interval Data Type for Analytical Information Processing, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 393, pp. 509–520, (2021)
12. N. Mishachev, A. Shmyrin, I. Suprunov, Simulation of sequential processing of a moving extended object, *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, Vol. 11, № 7, P. 11A07T, (2020)
13. N. Mishachev, A. Shmyrin, On realization of limit polygons in sequential projection method, *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, Vol. 10, № 15, p. 10A15GM, (2019)

УДК 629.331

Шунаков Д.Э. (ВКТУ), Муздыбаева А.С. (к.т.н, ВКТУ),

Муздыбаев М.С. (к.т.н, ВКТУ)

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАРАБАННЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

***Аннотация.** В данной работе рассмотрены вопросы обеспечения работоспособности барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей в условиях низкой температуры окружающей среды и высокой влажности. Установлено, попадание влаги во внутреннюю полость тормозного механизма при низкой температуре влияет на работоспособность барабанных тормозных механизмов по причине ее замерзания, что в свою очередь приводит к блокировке вращения тормозного барабана. Исследования по данной тематике посвящены поиску методов обеспечения работоспособности барабанных тормозных механизмов при указанных условиях эксплуатации.*

***Ключевые слова:** автомобиль, тормозной механизм, эксплуатация, низкая температура, тормозной барабан, замерзание.*

Введение.

Современное автомобильное транспортное средство представляет собой сложную техническую систему, в которой каждый компонент играет важную роль в обеспечении безопасности и эффективности движения. Одним из ключевых элементов, обеспечивающих безопасность водителя и пассажиров, являются тормозные системы. В контексте легковых автомобилей, барабанные тормозные механизмы остаются широко распространенными и используются для обеспечения эффективного торможения.

Однако, в условиях низких температур, таких как зимний период, работоспособность барабанных тормозных систем может значительно снижаться из-за ряда факторов, включая обледенение и замерзание ключевых компонентов тормозной системы. Это создает потенциальные риски как для безопасности движения автомобиля, так и для ресурса элементов тормозной системы, а также других важных узлов и агрегатов колесной машины. Поэтому данная проблема требует более глубокого понимания механизмов и факторов, влияющих на работоспособность барабанных тормозов при низких температурах.

Цель данной работы заключается в исследовании способов повышения работоспособности барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей в условиях низкотемпературной эксплуатации. В рамках исследования будут рассмотрены факторы, влияющие на эффективность тормозной системы в низкотемпературных условиях, а также предложены технические и технологические решения для оптимизации работы барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей при низких температурах эксплуатации.

Актуальность.

Эксплуатация автомобилей при низких температурах всегда вызывала сложности у автовладельцев. Проблемы заключаются в значительном изменении многих эксплуатационных параметров автомобиля при низких температурах эксплуатации таких как: расход топлива, накат, время прогрева, плавность хода и многое другое. Особо отметим актуальную проблему, связанную с примерзанием барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей. Данный вопрос крайне актуален в Восточно-казахстанской области, в связи с особенностями климатических условий нашего региона в зимний период (температура воздуха зимой до -40°C , высокая влажность воздуха). Проблемы с замерзанием барабанных тормозов возникают в период с ноября по март, практически полгода.

Данная проблема проявляется в следующем: невозможность начать движение; подклинивание тормозов во время движения; возможность разрушения тормозного механизма в момент попытки тронуться с места; усиленный износ колесных шин; усиленный износ тормозных механизмов; увеличение механических нагрузок на элементы трансмиссии.

Все эти проблемы возникают из-за попадания влаги во внутреннюю полость барабанного тормозного механизма. Влага попадает в механизм в основном по данным причинам: попадание влаги из луж; таяние налипшего на колеса снега; конденсация влаги на поверхности тормозного барабана после интенсивного торможения; повышенная влажность воздуха.

Исключить попадание влаги в тормозной барабан практически невозможно из-за особенностей конструкции данного типа тормозного механизма. Таким образом разработка эффективного способа удаления наледи из картера тормозного механизма, наиболее актуальная тема для нашего региона эксплуатации.

Цель исследования.

Целью данного диссертационного исследования является поддержание работоспособного состояния задних барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей, при низкотемпературных условиях эксплуатации.

Объект исследования.

Задние барабанные тормозные механизмы легкового автомобиля ВАЗ 21065.

Гипотеза.

Предполагается, что внедрение системы обогрева барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей посредством подведения выхлопных газов во внутреннюю полость тормозного барабана, позволит максимально эффективно удалять, образовавшуюся на элементах тормозного механизма наледь, и тем самым исключить проблему блокировки вращения тормозного барабана в низкотемпературный период эксплуатации. Также, вероятно будет исключено преждевременное изнашивание или разрушение элементов трансмиссии и тормозных механизмов, в результате попыток водителя начать движение с заклинившими барабанными тормозными механизмами.

Задачи исследования.

-выполнить анализ состояния вопроса исследования и определить причины

возникновения отказов барабанных тормозных механизмов при низких температурах эксплуатации.

- выявить наиболее эффективный метод удаления наледи с элементов барабанных тормозных механизмов.

- разработать устройство для обогрева элементов барабанных тормозных механизмов.

- выполнить оценку экономической эффективности внедрения системы обогрева барабанных тормозных механизмов.

Научная новизна

Научная новизна заключается в разработке и применении принципиально нового, эффективного метода удаления наледи из внутренней полости барабанного тормозного механизма, требующего минимальных трудовых и финансовых затрат.

Практическая значимость

Практическая значимость исследования заключается в уменьшении финансовых, а также временных затрат на восстановление работоспособности барабанных тормозных механизмов легковых автомобилей при низкотемпературных условиях эксплуатации.

Анализ литературы

1. Статья «Оценка зависимости эффективности торможения автотранспортного средства от температуры окружающей среды» Зедгенизов, А.В. Быков Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, 664074 2017 г [1].

В данной статье авторами рассмотрены вопросы изменения тормозных свойств автотранспортных средств при изменении температуры окружающего воздуха. Было выяснено, что при понижении температуры наблюдается ухудшение тормозных качеств автомобиля.

2. Статья «Эксплуатация наземных транспортно-технологических машин в климатических и географических условиях республики Тыва» Евтюков Сергей Аркадьевич, Чооду Остап Андреевич, Сандан Нелли Тимуровна. Журнал «Вестник» Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. 2020 г [2].

В данной статье авторами рассмотрены особенности и проблемы, связанные с эксплуатацией транспортной техники в условиях низких температур республики Тыва. В статье описаны проблемы, с основными системами, узлами и агрегатами, в том числе и с тормозными системами автомобилей, возникающие под действием низкой температуры.

3. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.22.10, кандидат наук Кузнецов Никита Игоревич «Адаптация системы выпуска отработавших газов легкового автомобиля к работе при отрицательных температурах окружающего воздуха» [3].

Автором диссертационного исследования были рассмотрены причины возникновения конденсата в выхлопной системе, а также особенности эксплуатации выпускной системы автомобиля при низких температурах. Помимо этого, данной работе были рассмотрены способы предотвращения

блокировки системы выпуска замерзающим конденсатом.

4. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.22.10, кандидат технических наук Чумляков, Кирилл Станиславович «Идентификация автомобилей по уровню приспособленности к низкотемпературным условиям эксплуатации» [4].

Автор диссертации освещает в своей работе вопросы, касающиеся приспособленности различных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации. В ходе исследования автор разделил автомобили по уровням приспособленности к низкотемпературным условиям эксплуатации. Разработаны математические модели - линейные дискриминантные функции для высокого, среднего и низкого уровней приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации и проведена идентификация автомобилей разных марок и моделей, имеющих эксплуатационные и конструктивные особенности, по уровню приспособленности.

Также стоит отметить, что проблема блокировки барабанного тормозного механизма, вызванная примерзанием тормозных колодок барабанных тормозов, является частой темой обсуждений на многих автомобильных форумах. Так например данная проблема встречается на форумах «touareg-club»[5], «Киа рио клуб Россия»[6], «Рено Дастер клуб» [7], «chery-clubs.ru» [8], «prado-club.su» [9], «toyotacamry.ru» [10], «matiz-club.ru» [11]. Как видно из названий форумов, данная проблема затрагивает широкий спектр марок и моделей автомобилей.

Участники форумов в тематических обсуждениях делятся своим практическим опытом борьбы с существующей проблемой, а также условиями возникновения данной неисправности. Данные с автомобильных форумов являются крайне ценными для проведения научно-исследовательской работы, так как информация поступает от реальных автопользователей, повседневно эксплуатирующих автомобили в различных климатических и дорожных условиях.

Источниковая база

При выполнении исследовательской работы были учтены положения технического регламента таможенного союза ТР ТС 018/2011 [12], включающие требования о техническом состоянии тормозной системы легковых автомобилей.

Методы использованные в данном исследовании

В данном исследовании были использованы методы теории надежности, термодинамики и газодинамики. Во время проведения экспериментальной части исследования были применены методы математического и физического моделирования, постановки и проведения эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Быков А.В. статья «Оценка зависимости эффективности торможения автотранспортного средства от температуры окружающей среды»//журнал Иркутского национального исследовательского технического университета. Иркутск 2017.

2. Евтюков С.А, Чооду О.А, Сандан Н.Т. статья «Эксплуатация наземных транспортно-технологических машин в климатических и географических условиях республики Тыва» // Журнал «Вестник» Тувинского государственного университета. Кызыл 2020.

3. Кузнецов Н.И. Адаптация системы выпуска отработавших газов легкового автомобиля к работе при отрицательных температурах окружающего воздуха: дис. к.т.н.: 2021. - 163 с.

4. Чумляков К.С. Идентификация автомобилей по уровню приспособленности к низкотемпературным условиям эксплуатации: дис. к.т.н.: 2009. – 154 с.

5. Форум Touareg Club // Примерзают задние тормозные колодки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.touareg-club.net/forum/archive/index.php/t-20612.html> (дата обращения 04.12.2023).

6. КИА РИО КЛУБ РОССИЯ // Примерзание задних тормозных колодок. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kia-rio.net/forum/showthread.php?t=17810> (дата обращения 04.12.2023).

7. Форум клуба Рено Дастер // Примерзли тормозные колодки на Чери Эксид, опрос. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dusterclubs.ru/vb/showthread.php?t=18560> (дата обращения 04.12.2023).

8. Chery клуб // Примерзли тормозные колодки на Чери Эксид, опрос. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://chery-clubs.ru/forums/topic/1725-primerzli-tormoznye-kolodki-na-cheri-eksid-opros/> (дата обращения 04.12.2023).

9. Форум тойота прадо клуб // После мойки примерзли колодки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://prado-club.ru/forum/index.php?topic=111589.70> (дата обращения 04.12.2023).

10. Тойота камри клуб Россия. // Примерзли тормозные колодки после мойки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://toyotacamry.ru/showthread.php?t=5042> (дата обращения 04.12.2023).

11. Форум деу маиз клуб. // Примерзают колодки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.matiz-club.ru/forum/topic/4913/> (дата обращения 04.12.2023).

12. ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 877) (с изменениями и дополнениями по состоянию на 19.10.2023 г.)

УДК 669.347

Шәріпов М.Ш. (ШҚТУ), Абдулина С.А (PhD, ШҚТУ)

МЫС ЭЛЕКТРОЛИТІН МЫШЬЯКТАН ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОСПАЛАРЫНАН ТАЗАРТУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Жұмыстың мақсаты экстракция технологиясын одан әрі дамыту және қажетті технологиялық жабдықты таңдау үшін жеткілікті бастапқы деректерді алу үшін экстрактор ретінде Суапех 923 реагентін қолдана отырып, мыс электролитінен мышьяқты еріткішпен алу заңдылықтарын зерттеу. Әдістері: экстракция процесі екі сатылы тексеруден өтті. Бірінші кезең орто-мышьяк қышқылының синтезін және өнеркәсіптік электролиттің құрамын имитациялайтын модельдік ерітіндіні дайындауды қамтыды. Екінші кезең Суапех 923 экстракторын қолдану арқылы мышьяқты тазарту процесін зерттеуді қамтыды.

Түйін сөздер: мыс электролиті, мышьяк, экстракция, екіншілік экстракция, экстрактор, изотерма.

Әлемде мыстың шамамен 80-85% - ы пирометаллургиялық технология бойынша сульфидті кендерден өндіріледі. Мұндай кендерден мыс алу процесі бірнеше кезеңнен тұрады: мыс концентратын өндіру (кенді флотациялық байыту) [1, 2]; дөрекі мыс өндіру (күңгіртке балқыту, конверсиялау) [3]; мысты тазарту (отты тазарту – анодты мыс өндіру, электролиттік тазарту – катодты мыс өндіру) [4]. Осы технологияны қолдана отырып, мыс өндірудің соңғы кезеңі электролиттік тазарту болып табылады. Бұл процестің мақсаты мысты зиянды қоспалардан терең тазарту, сонымен қатар селен, теллурий, күміс, алтын және т.б. сияқты құнды компоненттерді алу болып табылады. мыстан. Анодты мыстың негізгі қоспалары, %: Ni – 0,2; S – 0,1; As -0,2; Pb – 0,1; Se + Te – 0,15; Au + Ag - 0,13 [4]. Белгілі болғандай, анодты мыстың құрамындағы қоспаларды төрт топқа бөлуге болады: – металдар мысқа қарағанда электропозитивті: алтын, күміс, платина және оның серіктері, селен, теллурий және т.б.; - потенциалы мыс потенциалына өте жақын металдар: мышьяк, сурьма, висмут; – мысқа қарағанда электронегативті потенциалы жоғары металдар: қорғасын, қалайы, никель, кобальт, темір, мырыш және т.б.;- әртүрлі химиялық қосылыстар, электрохимиялық пассивті заттар: Cu₂O, Cu₂S, Cu₂Se, Cu₂Te. Екінші топтағы қоспалар мысты тазарту процесіне теріс әсер етеді. Ерітіндідегі қоспалардың концентрациясының белгілі бір шектен жоғары жоғарылауымен олардың мыспен бірге катодқа түсу қаупі бар [5]. Алынған катодты металдың сапасы, демек, құны күрт төмендейді. Катодты мыстың қоспалармен ластануын болдырмау үшін электролиттің бір бөлігі өндіріс процесінен шығарылып, тазартылады.

Электролиттен бөлінуі ең қиын қоспалардың бірі – мышьяк. Электролиттегі мышьяқтың концентрациясы 10-15 г/дм³ аспауы керек деп жалпы қабылданған. Қазіргі уақытта мышьяқты металлургиялық циклден шығарудың әртүрлі әдістері бар, олар негізінен ерітінділерді химиялық және экстракциялық тазартуға негізделген [6]. Мыс электролитінен мышьяқты алудың

ең ұтымды және тиімді әдісі-экстракция әдісі. Экстракция процесін қолдану сұйылтылған ерітінділерден буланусыз концентрацияланған қышқылдарды алуға, сулы жүйелерде жүрмейтін реакцияларды жүргізуге, металдарды терең тазартуға, қасиеттері бойынша ұқсас элементтерді бөлуге мүмкіндік береді [6, 7]. Мыс электролитін мышьяктан тазарту процесіне қатысты экстракция технологиясының келесі артықшылықтары бар: мышьяқты алудың жоғары тиімділігі, тазалау кезінде мыстың минималды шығыны, реактивтердің аз шығыны, аппараттық құралдардың дизайнының қарапайымдылығы. Бұл зерттеудің мақсаты-экстрактор Ретінде Суанех 923 реагентін қолдана отырып, мышьяктан мыс электролитін экстракциядан тазарту процесінің заңдылықтарын зерттеу. Бастапқы деректерді алу экстракция технологиясын одан әрі дамыту және қажетті технологиялық жабдықты таңдау үшін жеткілікті.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Экстракция процесін зерттеу мыс, мышьяк және күкірт қышқылына негізделген мыс электролитінің құрамын имитациялайтын модельдік ерітіндіні қолдану арқылы жүргізілді. Мышьяк өте улы заттар тобына жатады. Адамдар үшін мышьяк қосылыстарының өлімге әкелетін дозасы адам салмағының 1 кг-на шаққанда 15-150 мг аралығында болады. Мышьяк пен оның қосылыстарының айналымын мемлекет қатаң бақылайды, бұл оны зерттеуге қажетті мөлшерде еркін сатып алуды іс жүзінде мүмкін емес етеді. Осыған байланысты зерттеу екі кезеңде жүргізілді. Бірінші кезеңде ортомист қышқылының синтезі жүргізілді, содан кейін модельдік ерітінді дайындалды, екіншісінде – модельдік ерітіндіден мышьяқты алу процесін зерттеу.

Кендер мен ерітінділердің химиялық құрамы индуктивті байланысқан плазмамен оптикалық эмиссияны, атомды сіңіруді, ИҚ спектроскопиялық, гравиметриялық және титриметриялық талдау әдістерін қолдану арқылы зерттелді. Құрамында мышьяк бар кеннің химиялық құрамы 1 кестеде келтірілген. Кендегі сульфидті минералдар пирит пен арсенопиритпен ұсынылған.

Кеннің химиялық құрамы

Компоненттер	Массалық үлес, %	Компоненттер	Массалық үлес, %
SiO ₂	12,5	S	12,1
Al ₂ O ₃	3,0	Fe	14,3
CaO	13,3	As барлығы	9,03
MgO	8,2	As тотыққан	0,36
K ₂ O	<0,10	As сульфид	8,67
Na ₂ O	<1,0		

Экстракция процесін зерттеу мыс электролиттерін мышьяктан экстракциялық тазарту технологиясын одан әрі дамыту үшін қажетті негізгі бастапқы деректер болып табылатын экстракциялық және реэкстракциялық изотермалардың құрылысын қамтыды. Органикалық фаза ретінде Суанех 923

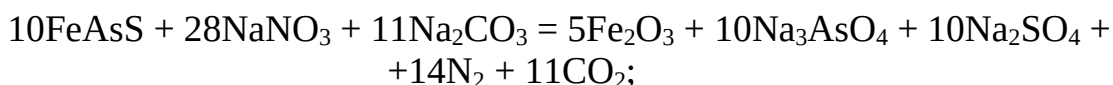
экстракторы мен Shellsol D 90 еріткішінің қоспасы қолданылды. Органикалық фазадағы Суанех 923 экстракторының көлемдік үлесі 50% құрайды деп болжанған.

Суанех 923 экстракторы төрт-триалкил-фосфин оксидінің қоспасы. Экстрактор-қайнау температурасы 310 °C болатын түссіз сұйықтық таңдалған экстрактордың айрықша ерекшелігі оның өздігінен тұтануының жоғары температурасы (281 °C) болып табылады, бұл оны өнеркәсіптік пайдалану үшін қауіпсіз етеді. Экстрактордың тұтқырлығы 25 °C температурада 40 °C, 50 °C температурада – 13,7 °C. ұқсас реагенттермен салыстырғанда экстрактордың артықшылығы оның барлық стандартты көмірсутекті еріткіштермен, тіпті қоршаған ортаның төмен температурасында да толық үйлесімділігі болып табылады. Shellsol D 90 еріткіші 60% парафин мен 40% нафтендерден тұрады. Еріткіштің тығыздығы 0,80 г см³, тұтқырлығы 15 °C температурада 1,5 сп. Сізбен бірге еріткіштің негізгі артықшылықтары төмен булану жылдамдығы, төмен уыттылық, төмен иіс, төмен құбылмалылық, салыстырмалы түрде жоғары тұтану температурасы (95 °C) болып табылады. Экстракция сатысында сулы фаза ретінде келесі құрамдағы дайындалған модельдік ерітінді қолданылды, г/дм³: As – 6,7; Cu – 15,2; H₂SO₄ – 63,7. Мышыяк тазартылған сумен қайта алынды. Экстракция эксперименттері модельдік ерітіндіні органикалық фазамен тең пропорцияда араластыру арқылы бөлу шұңқырларында жүргізілді.: 3:1; 2:1; 1:1; 1:2; 1:3; 1:5; 1:10. Фазалық байланыстың ұзақтығы 3 минутты құрады.

Зерттеу нәтижелері

Ортомышыяк қышқылының синтезі және модельдік ерітінді дайындау. Құрамында мышыяк бар кенді натрий нитратының (NaNO₃) және натрий карбонатының (Na₂CO₃) қоспасымен агломерациялады, содан кейін агломерацияны тазартылған суда сілтілендірді. Агломерацияға арналған NaNO₃ шығыны 1 г кенге 0,61 г, Na₂CO₃-1 г кенге 0,20 г құрады.

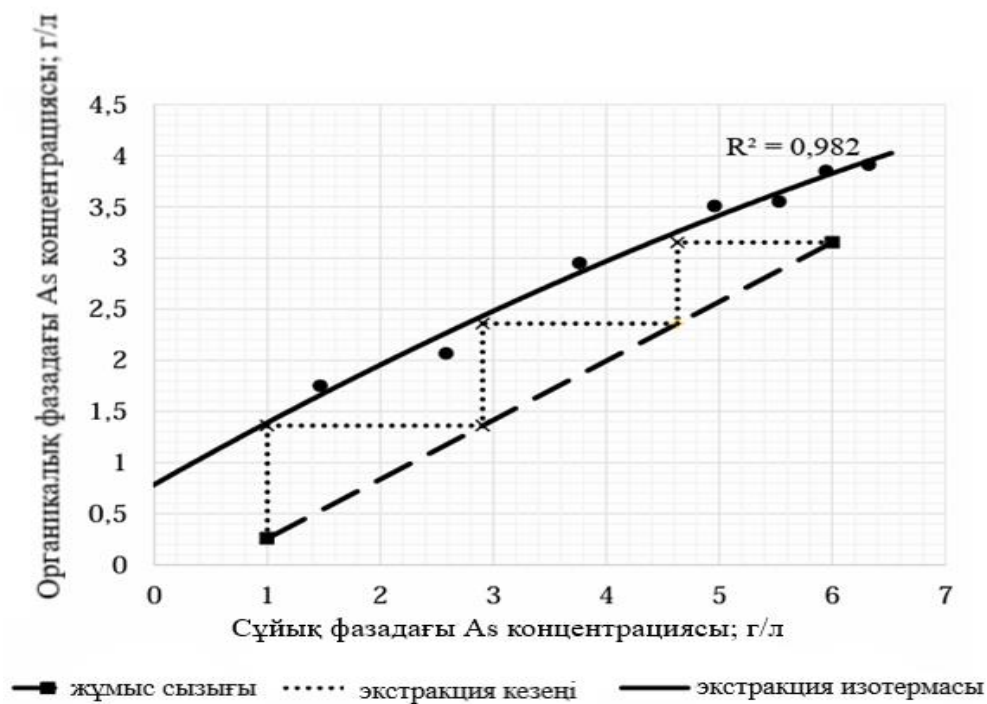
Заряд пеште 350-400 °C температураға дейін қыздырылды, ал қоспада реакция массасының фронтальды жануына ұқсас компоненттердің өзара әрекеттесуінің экзотермиялық реакциясы жүреді. Горенье. Аз мөлшерде қызғылт газдың, азот оксидтерінің бөлінуі байқалды. Экзотермиялық процестердің жүруіне байланысты реакция көлеміндегі температура шамамен 600 °C-қа дейін өсті. Жанудың белсенді фазасының ұзақтығы 2-3 минутты құрайды. Реакция аяқталғаннан кейін алынған агломерат шайылып, барлық химиялық процестерді аяқтау үшін камералық пеште 600 °C температурада 60 минут бойы сақталды. Арсенопирит пен пиритті натрий нитратымен және натрий карбонатымен агломерациялау процесі суда еритін сульфат пен натрий арсенатының түзілуімен келесі химиялық реакциялар арқылы жүреді:



Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер мыс электролиттерін мышьяктан тазарту үшін Суанех 923 экстракторын қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Бұл технологияның артықшылығы-мышьяқты кетірудің жоғары тиімділігі, қайта өндірумен мыстың аз шығыны, аппараттық конструкцияның қарапайымдылығы мен сенімділігі, процесті толық автоматтандыру мүмкіндігі.

Зерттеу нәтижелері бойынша электролиттерді мышьяктан тазарту технологиясы экстракцияның 3 сатысын және қайта экстракцияның 4 сатысын қамтуы керек екендігі анықталды. Экстракция сатысындағы органикалық және сулы фазалық ағындардың қатынасы 1,7:1, қайта экстракция сатысында—0,95:1 болуы керек. Бұл режимде жұмыс істегенде органикалық фазаның тасымалдау қабілеті $2,90 \text{ г/дм}^3$, реэкстрактідегі мышьяқтың концентрациясы $2,75 \text{ г/дм}^3$ болады. Стандартты жалпы қабылданған технологиялық әдістерді сол жерден мышьяқты тұндыру үшін қолдануға болады сығынды. Электролитті мышьяктан тазарту дәрежесі 83,3% құрайды. Технологиялық процестің өзгеруін ескере отырып, мышьяқты кетірудің көрсетілген тиімділігі тұрақты электролизді және жоғары сапалы катодты мыс өндіруді қамтамасыз етеді.



1 сурет. Мышьяк экстракциясының изотермасы (McCabe–Thiele диаграммасы)

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Золотов Ю.А., Холькин А.И., Пашков Г.Л., Кузьмин В.И., Серегеев В.В., Флейтлик И.Ю., Самойлов В.Г., Гладун В.Д., Акатьева Л.В. Гидрометаллургические процессы переработки нетрадиционного сырья редких и цветных металлов. М.: ФОРУМ, 2010. 180 с.

2. Халезов Б.Д. Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 332 с.
3. Schlesinger M.E. Extractive Metallurgy of Copper. Fifth Edition. Elsevier, 2011. 455с.
4. Козлов В.А., Заузов И.В., Лавров Л.Г., Шмурак В.А. Современное состояние, пути развития меде рафинировочного производства и повышения качества рафинированной меди // Обзорная информация. 1988. Вып. 2. 52 с.
5. Цогтхангай Д., Мамяченков С.В., Анисимова О.С., Набойченко С.С. Термодинамика реакций при азотнокислым выщелачивании минералов медного концентрата // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2011. № 2. С. 7–11.
6. Травкин В.Ф., Кубасов В.Л., Миронова Е.В., Глубоков Ю.М. Выделение соединений мышьяка из технологических растворов предприятий цветной металлургии // Цветная металлургия. 2001. № 4. С. 20–24.
7. Charles M. Flynn Jr., Thomas G. Carnahan. Recovery of arsenic from ores and concentrates. Patent USA, no. 589799, 1989. 8. Mining Chemicals Handbook. Cytec Industries Inc., 2010. 295 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Абдрахманов Ә.Қ., Муздыбаев М.С., Мырзабекова Д.М. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОЛЕС ДЛЯ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКИ	3
Азаматов Б.Н., Борисов А.А., Джес А.В., Калиев Д., Маратұлы Б. АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОНОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ CU-NB И CU-TA, НАНЕСЕННЫХ НА БИОМЕДИЦИНСКИЙ СПЛАВ Ti-6Al-4V МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	8
Айткеш А.Б., Машекенова А.Х. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ	13
Акошев А.В., Крыкпаева А.А. НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ	18
Ақболатов Е.Ж., Ғабдысалық Р. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР И АКТУАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ TIG СВАРКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ	23
Альгужина М.М., Абеджанова А.С. ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ЛОГИСТИКАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІ БАСҚАРУ ЖӘНЕ АРНАЙЫ ТЕХНИКАНЫ ҚОЛДАНУ ШАРАЛАРЫНЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ	28
Аманбекова Л.Т., Мукашева Р.У., Қыдырханқызы А. ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТИПТЕГІ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН АРАЛАС ЕСЕПТІ ШЕШУ	33
Амангелдіқызы Қ., Мукашева Р.У., Рахметуллина Ж.Т. ЭЛЛИПТИКАЛЫҚ ТИПТІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУДІҢ АЙЫРЫМДЫҚ ӘДІСІН ЗЕРТТЕУ	38
Әменов Т.Н., Капаева С.Д. ЭЛЕКТРОФИЗИКАЛЫҚ ЖАБЫНДАРМЕН АСПАПТЫҚ МАТЕРИАЛДАР БЕТТЕРІНІҢ ЖҰМЫСТА ҚАБЫЛЕТТІЛІГІ МЕН САПАСЫН АРТТЫРУ	44
Әсетов Е.Ә., Табиева Е.Е., Арингожина З.Е., Молдабаева Г.С. ФИЗИКАЛЫҚ ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАСЫ: 21 ҒАСЫРДАҒЫ ОҚЫТУДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ МЕДИА	49
Баенова Г.М., Сайтова Р.Б., Сыздыкова А.М. КОМПОЗИТТІҢ БЕРІКТІГІН ЗЕРТТЕУ	54
Баяндинова М.Б., Скаков М.К. ДИАБАЗ ТОЛТЫРҒЫШЫ БАР АСАЖОҒАРЫ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ПОЛИЭТИЛЕНГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЖАБЫН ҚҰРЫЛЫМЫ	59
Бейсекенов А.К., Краскова А.Е., Маянова С.Ж., Мухамедова Р.О., Мукашева Р.У. ПРИМЕНЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ В РЕШЕНИИ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	64
Буркатов Е.Д., Абдулина С.А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТАЛИЯ И ИНДИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОДУКТАХ АЙЗА ПЛАВКИ	70
Генцельман Э.В., Липский Д.Д., Ерболатова Г.У. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТИЯ	74

Дайрбаева Ж.Е., Әділқанова М. Ә. НОВЫЙ ДЕПРЕССОР СУЛЬФИДА МЕДИ И ПИРИТА КАК БОЛЕЕ БЕЗОПАСНАЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА NASH ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ CU-MO	80
Daniel D., Akhmediyev R., Kombayev K., Syrainova G. NON-DESTRUCTIVE TESTING OF STEEL OF SHUT-OFF VALVES OPERATING IN AGGRESSIVE MEDIA	86
Дуйсен А.Р., Вдовин В. Н. РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА K-MEANS В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК	91
Дукай Т., Келдос Ж.Н., Лауенов Е.Е. Абжанова А.Т., Аменова Ф.С. КВАДРАТТЫҚ ФОРМАЛАРДЫ ОҚЫТУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК МӘСЕЛЕЛЕРІ	96
Дукай Т., Абжанова А.Т., Босмоинова Н.А., Келдос Ж.Н., Лауенов Е.Е., Аменова Ф.С. ОҢ АНЫҚТАЛҒАН КВАДРАТТЫҚ ФОРМАЛАРДЫ ОҚЫТУ	101
Дүйсенғали М.Б., Машекенова А.Х. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ СТРАНЫ	106
Едильбаев Р.М., Абдулина С.А. ВЛИЯНИЕ КАЛИЯ И НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ОБЖИГА СУЛЬФИДНЫХ ЦИНКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПЕЧАХ КИПЯЩЕГО СЛОЯ	111
Енсебаева К.Б., Абдулина С.А. ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА КАВИТАЦИИ ПРИ РАСКРЫТИИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ	116
Еріков Н.Е., Муздыбаев М.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ ПОДШИПНИКОВ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ РЕСТАВРАЦИИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	121
Жакупова Г.Б., Реутова Г.А. ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ РУДОПОДГОТОВКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПРИЛОЖЕНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ В РАЗВИТИИ ИИ МОДЕЛИ Open AI ChatGPT	126
Жанузаков А.М., Мухамедова Р.О., Қыдырханқызы А. ИНТУИЦИЯ ИНТЕГРАЛОВ И ПОЧЕМУ ОНИ ЯВЛЯЮТСЯ ОБРАТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ	131
Жаныбек Г.С., Загиялова Д.Р., Закариянова Н.Н., Лауенов Е.Е., Дукай Т. СИММЕТРИЯЛЫ КӨПМҮШЕЛІКТЕР ТЕОРИЯСЫ АРҚЫЛЫ МЕКТЕП КУРСЫ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ	137
Жапаров К.М., Комбаев К.К. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНОМ СТАНКЕ	142
Жимбеков Д.А., Кабдуллина Д.С. ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ	147
Жеңіс М., Мукашева Р.У. СЫЗЫҚТЫҚ ПРОГРАММАЛАУДЫҢ НАҚТЫ ӨМІРДЕГІ ЕСЕПТЕРІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АРҚЫЛЫ ШЕШУДІҢ ЖОЛДАРЫН ҚАРАСТЫРУ	152

Жунусова Г.С., Сарсенбаева Б.Ж., Нурулбекова Ж.Н., Абжанова А.Т., Дукай Т., Мешелова Г.М., Аменова Ф.С. ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ ҚУАЛАУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ШЕШУ	159
Жәнібеков Е.С., Абдулина С.А. СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ	164
Жұмабеков Т., Абдулина С.А. ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РАБОТУ БЕЗДИАФРАГМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	168
Загиялова Д.Р., Босмоинова Н.А., Жаныбек Г.С., Закариянова Н.Н., Лауенов Е.Е., Аменова Ф.С. ВЕКТОРЛЫҚ ТӘСІЛ АРҚЫЛЫ АЛГЕБРАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ	173
Загиялова Д.Р., Сарсенбаева Б.Ж., Жунусова Г.С., Нурулбекова Ж.Н., Аменова Ф.С. ВЕКТОРЛАРҒА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АМАЛДАРДЫ ОҚЫТУ	178
Закариянова Н.Н., Жунусова Г.С., Келдос Ж.Н., Сарсенбаева Б.Ж., Нурулбекова Ж.Н., Мешелова Г.М., Аменова Ф.С. ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР АРҚЫЛЫ МӘТІНДІК ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК МӘСЕЛЕЛЕРІ	183
Зарепқанова Ә., Мукашева Р.У., Мухамедова Р.О. ПАРАБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ШЕТКІ ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ	188
Измайлов Л. Н., Ерболатова Г.У. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИСЛЕДОВАНИЯХ НЕЙТРИНО	194
Исаканов И.М., Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРАНСМИССИИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО РЕСУРСА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СТУПИЧНОГО УЗЛА	198
Капкенова М.Т., Тлеужанова Г.Б., Капаева С.Д. БАЛҚЫТЫЛҒАН ЖАБЫНДАРДЫҢ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ТАУ - КЕН ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ АЙНАЛМАЛЫ ПЫШАҚТАРДЫҢ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ	203
Капырина Ю., Әділқанова М.Ә. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФЛОТАЦИИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТОВ	208
Колесников Л., Вдовин В.Н. МИНИМИЗАЦИЯ ПРОСТОЯ, СТРАТЕГИЯ АРЕНДЫ В ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	213
Колесников Л.Е., Вдовин В.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТАРИФА ПРИ РАСЧЁТЕ ОПЛАТЫ НА АРЕНДУ АВТОМОБИЛЕЙ	218
Короблин И. С., Комбаев Б.К., Комбаев К.К. АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО ОТВЕРСТИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ НАПЛАВКИ	223
Крючков Д.А., Кабдуллина Д.С. ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ	228

Күнтуган Н., Абдулина С.А., Малышева Е.Н. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКА ПЕЧИ АНОДНОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ ОПА ЦРМ МЗ	233
Қуанышбай Р.М., Кеңесбеков А.Б. АУА-ПЛАЗМАЛЫҚ БҮРКУ РЕЖИМІНІҢ Fr-Cr-Al ЖАБЫНЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ-ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	238
Кәкімжанов Д.Н. ИМПУЛЬСТІ-ПЛАЗМАЛЫҚ ӨНДЕУ ҚАШЫҚТЫҒЫНЫҢ CR3C2-NICR НЕГІЗІНДЕГІ ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАТТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ	243
Қазимуллаев Ж.М., Комбаев К. К., Сыпайнова Г.С. КАТОДТЫ МЫСТЫ МАТРИЦАДАН БӨЛПІ АЛУ МАШИНАСЫНЫҢ ТҮСІРУ КОНВЕЙЕРІНІҢ ЖҰЛДЫЗШАСЫН ЭЛЕКТРОЛИТТІК-ПЛАЗМАЛЫҚ ШЫНЫҚТЫРУ	248
Қалтаева А. А., Сатбергенова А.К. ИНЖЕНЕРЛІК БІЛІМ БЕРУДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ	253
Қыдырмолдаев Ә.Б., Муздыбаева А.С. КӨЛІК ТЕХНИКАСЫН ЖАРЫҚТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЖҰМЫСҚА ҚАБІЛЕТТІЛІГІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ТӘСІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ	258
Липский Д.Д., Генцельман Э.В., Ерболатова Г.У. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА В АНАЛИЗЕ ЗОЛОТА ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ	263
Малаева А.М., Молбосынов Е.С., Батанов Е.Е., Магазов Н.М. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРОВОЛКИ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ	269
Макулов А.М., Капезова А.Е., Әскербекбаева Ж.Ә. БІР ӨЛШЕМДІ ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТЕНДЕУ ҮШІН ТУРА ЖӘНЕ КЕРІ ЕСЕПТІ ШЕШУ АЛГОРИТМДЕРІ	274
Мараш Ж.А., Абдулина С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА БОГАТОГО СВИНЕЦСОДЕРЖАЩЕГО АЙЗА ШЛАКА ПРИ РАЗНОЙ ЗАГРУЗКЕ ОКИСЛЕННО-СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ	279
Мусина Г.С., Мырзабекова Д.М., Муздыбаев М.С. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА АО «ОЭСК» ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА	284
Мухамедова А.И., Погребняк А.Д., Уазырханова Г.К. ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ, МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ	289
Мұқтанова Н., Рахадиллов Б.К. 86WC-10CO-4CR ЖАБЫНЫНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ-ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ HVOF ӘДІСІНІҢ БҮРКУ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ӘСЕРІ	294
Нагибаев Д.Е., Конарбаева Г.Н. «КАЗЦИНК» ЖШС-ДЕГІ КӨЛІКТІК ЛОГИСТИКАСЫНЫҢ АЛАТЫН ОРНЫ	299

Омаров М.М., Ревин А.А., Төлеубаев Ә.Ә., Рахметуллина Ж.Т., Мухамедова Р.О. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ	304
Оралбек С.К., Машекенова А.Х. ТҰРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЖИНАУ ЖӘНЕ ТАСЫМАЛДАУ ҮРДІСІНІҢ КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕРІ	309
Павлова Л.Н., Комбаев К.К. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ГАЗОВИХРЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА	314
Перевалов Т.Д., Ерболатова Г.У., Квеглис Л.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ТЕОРИИ МАГНЕТИЗМА	319
Пятков С.В., Латкин И.В. ЗАДАЧА О НАЗНАЧЕНИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ РОБОТОВ	324
Пятков С.В. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	327
Сарсекеев Ж.Ж., Калибеков Д.А., Саменова А.Ж. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЕКТ В СФЕРЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ	328
Smailov A., Karayeva S. THE OPERATING PRINCIPLE AND TYPES OF AUTOMOTIVE TURBOCHARGER	332
Смаилов Р. Р., Капаева С.Д., Азаматов Б.Н. , Рахадиллов Б.К. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛИ 12X18N10T МЕТОДОМ ЭППУ	337
Сағидолдин Б.Н., Конарбаева Г.Н. ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТАРЫН ЖОЛ ЖҮРУ ҚАУІПСІЗДІГІН ҰЙЫМДАСТЫРУДА ҚОЛДАНУДЫҢ КЕЙБІР ТӘСІЛДЕРІ	342
Серікқызы Н., Әділқанова М.Ә. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ ЖАЙРЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	347
Смирнов А.А., Саханова Ж.А., Еликбай Т., Рахметуллина Ж.Т., Мухамедова Р.О. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ	351
Солтанбекова Қ.Қ., Рахметуллина Ж.Т. ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРДІ ШЕШУДІҢ ОПЕРАТОРЛЫҚ ӘДІСТЕРІ	355
Таймулдин Ш.Р., Машекенова А.Х. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ЛАБОРАТОРИИ "SMART-ТЕХНОЛОГИИ АВТОМОБИЛЕЙ" И LIDAR	360
Тлеужанова Г.Б., Капкенова М.Т., Кадыров Ж.Н. УСТРОЙСТВО И СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ	365
Торопов И.А., Байгереев С.Р., Муздыбаев М.С.	

Торопов И.А., Байгереев С.Р., Муздыбаев М.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	370
Төлегенова А.С., Машекенова А.Х. КӨЛІКТІК ЛОГИСТИКАНЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДА АЛАТЫН ОРНЫ	374
Третьяков Н.Д., Ғабдысалық Р. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СИЛОВОГО ГИДРОЦИЛИНДРА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС НАПРЕССОВКИ ЛАБИРИНТНЫХ И ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ, КАССЕТНЫХ ПОДШИПНИКОВ	379
Тұрабеков Е.С., Рахадиллов Б.К. АУА-ПЛАЗМАЛЫҚ БҮРКУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН ИНТЕРМЕТАЛДЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІ	384
Тұрдыбек А., Байгереев С.Р. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ЛЕДОСКАЛЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ	389
Уәлихан Н., Кабдулбекова М.Е., Серіктаева А.С. ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУ МЕН БАСҚАРУ ҮДЕРІСІНІҢ UML, IDEF, АЛГОРИТМДІК ҮЛГІЛЕРІН ҚҰРУ	394
Фролова М.Ш., Капаева С.Д. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	399
Шунаков Д.Э., Муздыбаева А.С., Муздыбаев М.С. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАРАБАНЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	404
Шәріпов М.Ш., Абдулина С.А. МЫС ЭЛЕКТРОЛИТІН МЫШЬЯКТАН ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОСПАЛАРЫНАН ТАЗАРТУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ	409

Научное издание

**«ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – ИННОВАЦИОННОМУ
РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА»**

Материалы

*X Международной научно-технической конференции
студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых,
посвященной 125-летию Каныша Сатпаева
(ВКТУ, 11, 12 апреля 2024 г.)*

Часть I

Сборник издан методом прямого копирования авторских статей

Ответственный за выпуск *О.Н. Николаенко*

Редактор *С.С. Мамыраздыкова*

Подписано в печать 16.04.2024. Формат 60х84/16.

Печать ризографическая. Бумага офсетная.

Усл.печ.л. 24,41. Уч.-изд.л. 24,52.

Тираж 20. Заказ № 172-2024.

Цена договорная.

Восточно-Казахстанский технический
университет им. Д. Серикбаева
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69.