

**«Әбілқас Сағынов
атындағы
Қарағанды техникалық
университеті» КЕАҚ**



**НАО «Карагандинский
технический
университет
имени Абылқаса
Сагинова»**

**«XVII Сағынов оқулары.
Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық
конференциясының
ЕҢБЕКТЕРІ
3 – бөлім**

**ТРУДЫ
Международной научно-практической конференции
«XVII Сагиновские чтения.
Интеграция образования, науки и производства»
Часть 3**

**PROCEEDINGS
International scientific and practical conference
«XVII Saginov readings.
Integration of education, science and production»
Part 3**



Қарағанды 2025

ӘОЖ 001
КБК 72
О-59

Бас редактор
«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ
Басқарма Төрағасы – Ректор - Сагинтаева С. С.

Редакциялық алқа:
Мехтиев А.Д., Адекенов С.М., Байсанов С.О.,
Интыков Т.С., Исагулов А.З., Моисеев В.С., Мұлдахметов З.М.,
Сулеев Б.Д., Юрченко А.В.

«XVII Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері
(3 бөлімде) Бөлім 3 / «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ. – Қарағанды: ҚарТУ баспасы, 2025.– ____ б.

ISBN 978-601-355-570-6

Еңбектерде «XVII Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияға қатысушылардың баяндамалары жарияланған. Баяндамаларда жоғары кәсіби білім берудің өзекті мәселелері, болашақ энергетикасы, ақпараттық технологиялар, химия-биологиялық ғылымдар, экономика, әлеуметтану және геосаясат, техникалық ғылымдар, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, өмір тіршілігінің қауіпсіздігі, металлургия және материалтану, көлік және құрылыс салалары қарастырылған.

Еңбек материалдары ғалымдарға, сала мамандарына, оқытушыларға, докторанттар мен магистранттарға, сондай-ақ жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған.

ӘОЖ 001
КБК 72

ISBN 978-601-355-570-6

© Әбілқас Сағынов атындағы
Қарағанды техникалық университеті, 2025

**МЕТАЛЛУРГИЯ ЖӘНЕ
МАТЕРИАЛТАНУ САЛАСЫНДАҒЫ
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПЫЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ HVOF

В данной работе проведено исследование металлокерамических покрытий на основе $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$, сформированных методом высокоскоростного кислородно-топливного напыления (HVOF) при различных расстояниях между соплом и поверхностью образца. Основное внимание уделялось влиянию дистанции напыления на микроструктуру, шероховатость, микротвёрдость и трибологические характеристики покрытий. Установлено, что размер частиц карбида хрома Cr_3C_2 варьируется в зависимости от расстояния напыления, что отражается на распределении пор и, соответственно, на износостойкости покрытия. Морфологический анализ показал, что с увеличением дистанции напыления возрастает шероховатость поверхности.

Измерения микротвёрдости выявили её зависимость от уровня обезуглероживания, а также от кинетической энергии частиц и плотности дислокаций в напыляемом слое. Кроме того, изучено влияние дистанции на коэффициент трения, что имеет практическое значение для повышения износостойкости покрытий в эксплуатационных условиях. Полученные результаты могут быть использованы при оптимизации режимов напыления для повышения эксплуатационных свойств металлокерамических покрытий в промышленности.

Технология HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) представляет собой метод термического напыления, при котором порошковый материал разгоняется до сверхзвуковых скоростей с помощью раскалённого потока, образуемого сгоранием газовой смеси кислорода и горючего (рисунок 1). В результате формируется плотное покрытие с высокой степенью сцепления с подложкой.

Такие покрытия отличаются малой пористостью, повышенной твёрдостью и отличной стойкостью к износу. В данной работе в качестве напыляемого материала применялся порошок $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ в соотношении 75/25 и фракцией 20–32 мкм, что позволило получить равномерные, плотные покрытия с хорошей адгезией и без признаков трещинообразования.



Рисунок 2 –Установка HVOF

В качестве подложечного материала использовалась чистая медь, представленная в форме прутков размером $25 \times 25 \times 4$ мм. Перед нанесением покрытия образцы подвергались механической обработке (шлифованию) с целью достижения требуемого уровня шероховатости поверхности. Для удаления загрязнений применялась комбинированная процедура очистки, включающая ультразвуковую обработку в дистиллированной воде или специальном растворе при частоте 20–80 кГц, что позволяло эффективно очистить поверхность без нарушения структуры меди. После этапа сушки образцы дополнительно обрабатывались абразивоструйным методом с использованием корундового материала для повышения адгезионных свойств поверхности.

Основное внимание было уделено изучению влияния дистанции напыления на качество получаемых покрытий. Все остальные параметры процесса оставались неизменными; варьировалась только дистанция, которая составляла 200 мм, 250 мм и 300 мм.

Рентгеноструктурный анализ порошка Cr_3C_2 –25NiCr и покрытий HVOF выявил две основные фазы: твёрдый Cr_3C_2 и связующую CrNi_3 . В покрытиях также обнаружены фазы Cr_7C_3 и Cr_{23}C_6 , что свидетельствует об обезуглероживании Cr_3C_2 при термическом напылении. Снижение расстояния напыления усиливает пики Cr_3C_2 , повышая микротвёрдость. В покрытии L_3 NiCr отсутствует, вместо него образовался Cr_{23}C_6 . Основные пики фаз частично перекрываются, усложняя фазовый анализ. Обезуглероживание связано с нагревом частиц во время напыления, вызывая изменение фазового состава.

Исследование микроструктуры поперечного сечения показало наличие тёмно-серых частиц, предположительно относящихся к фазе Cr_3C_2 , и светлой серой матрицы, вероятно, богатой никелем. Также было установлено, что при увеличении расстояния напыления наблюдается уменьшение толщины слоя: для покрытий L_1 , L_2 и L_3 она составила 120,91 мкм, 47,63 мкм и 16,6 мкм соответственно. Покрытие L_1 продемонстрировало наилучшую адгезию к подложке. В образцах L_2 и L_3 зафиксированы признаки пластической деформации карбидных частиц, что может быть связано с локальной концентрацией внутренних напряжений.

Средние значения шероховатости поверхности покрытий L_1 , L_2 и L_3 составляют соответственно $R_a = 0,672$ мкм, $R_a = 0,743$ мкм и $R_a = 0,808$ мкм, что свидетельствует о влиянии расстояния напыления на данный параметр. Наблюдается тенденция увеличения шероховатости с ростом дистанции нанесения покрытия. Это связано с увеличением количества холодных частиц, находящихся вне горячей зоны пламени, что способствует формированию более рельефной структуры поверхности. Кроме того, покрытие Cr_3C_2 -25NiCr, нанесенное методом HVOF на расстоянии 200 мм, проявляет высокую микротвердость около 650 HV, что почти вдвое превышает твердость меди, что является значимым фактором для повышения износостойкости покрытий (см. Рисунок 1).

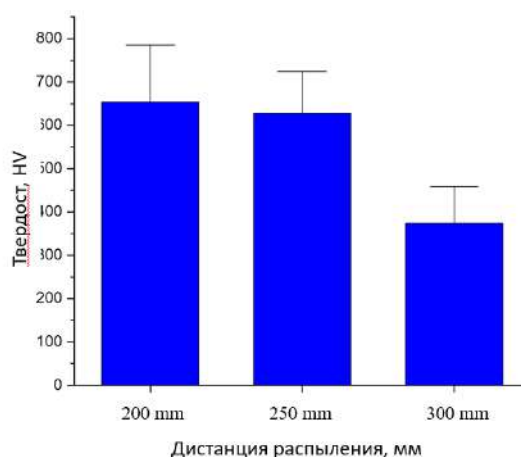


Рисунок 1 – Результаты исследования микротвердости покрытий

Установлено, что с увеличением дистанции напыления коэффициент трения керамического покрытия Cr_3C_2 -NiCr увеличивается, что подтверждается значениями коэффициента трения для покрытий L_1 (0,7), L_2 (0,75) и L_3 (0,8).

Благодарности: Это исследование финансируется Комитетом Науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP23489951).

Список использованных источников

1. Liu J., Zhu C., Li G. Application Research Progress of Coatings on Copper Plate in Continuous Casting Mould // *Cailiao Daobao/Materials Reports*. -2019. -Vol. 33. - P. 2831-2838 .
2. Velička M., Pyszk R., Přihoda M., Molínek J. Research of heat transport in mould for continuous casting of steel. *Metalurgija*, - 2009. -Vol. 48(4). -P 277–280.
3. Akhtari Zavareh, M., Sarhan, A. A. D. M., Razak, B. B., & Basirun, W. J. The tribological and electrochemical behavior of HVOF-sprayed Cr_3C_2 -NiCr ceramic coating on carbon steel. *Ceramics International*, -2015, - Vol. 41(4), -P. 5387–5396.
4. Govande, A. R., Chandak, A., Sunil, B. R., & Dumpala, R. Carbide-based thermal spray coatings: A review on performance characteristics and post-treatment. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Elsevier Ltd. - 2022, February 1. -Vol.103. -P. 105772

ВЛИЯНИЕ МО НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА
КВАЗИВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ CO-CR-FE-NI-
MN-NB

С начала 2000-х годов создание многокомпонентных металлических систем на основе принципа высокой энтропии стало одним из ключевых направлений в материаловедении. Одним из наиболее изученных высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) является сплав Кантора (CoCrFeNiMn), который обладает достаточно высокими механическими свойствами: предел прочности – 491 МПа, предел текучести – 292 МПа, при этом относительное удлинение может достигать 50%, что представляет уникальное сочетание прочности и пластичности, которое невозможно достичь в классических сплавах.

Однако высокая стоимость ВЭС, обусловленная использованием чистых металлов, ограничивает их промышленное применение. Одним из решений данной проблемы является разработка квазивысокоэнтропийных сплавов (КВЭС) [2], предполагающих частичную замену чистых компонентов ферросплавами.

В работе [3] рассматривается влияние молибдена как легирующего элемента на свойства сплава Кантора. Добавление молибдена приводит к искажению кристаллической решётки и упрочнению сплава за счёт блокировки дислокационного скольжения. Вместе с тем, увеличение прочности может сопровождаться снижением жидкотекучести, что имеет важную роль при литье.

Таким образом, применение молибдена и подход КВЭС открывают новые возможности для создания конструкционных материалов с оптимальным соотношением цены, прочности и технологичности.

Целью настоящей работы является изучение влияния содержания молибдена (5%, 10%, 15%) на твердость, микроструктуру и литейные свойства (жидкотекучесть) КВЭС на основе системы CoCrFeNiMnNb.

Для получения сплавов использовалась шихта, включающая: ферромарганец FeMn80C05, феррохром ФК005, никель катодный Н1, кобальт металлический К1Ау, феррониобий ФНб60 и ферромolibден ФМо60. Содержание молибдена варьировалось в пределах 5%, 10% и 15% при эквимольном соотношении остальных элементов. Дисперсный состав компонентов (90% фракции 2-3 мм) контролировался с помощью аналитической просеивающей машины AS 200 control (Retsch, Германия).

После тщательного перемешивания в смесителе Шатца (15 минут), выплавка сплавов проводилась в индукционной печи в атмосфере воздуха

методом двойного переплава с целью гомогенизации структуры и устранения ликвационных дефектов.

Оценка жидкотекучести осуществлялась с использованием спиральной пробы треугольного сечения (высота 15 мм, ширина 10 мм, площадь поперечного сечения 75 мм²). Для удобства измерения длины отливки в каналах пробы были предусмотрены мерные выступы через каждые 50 мм.

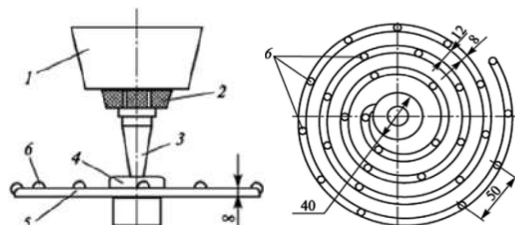


Рисунок 1 – Спиральная проба для определения жидкотекучести сплава [4]

На рисунке 2 приведены микроструктуры опытных образцов. Микрошлифы изготовили с использованием стандартной металлографической методики. Образцы были отрезаны с помощью станка «Struers Discotom». После запрессовки образцы были обработаны на шлифовально-полировальном станке «Struers Planapol» с использованием последовательности шлифовальных кругов разной зернистости. После шлифовки и полировки микрошлифы были подвержены обезжириванию и травлению для выявления микроструктуры. Травление проводилось при температуре 20-25°C, с продолжительностью от 10 до 60 сек. Структуры были получены с использованием электронного микроскопа S-3400N.

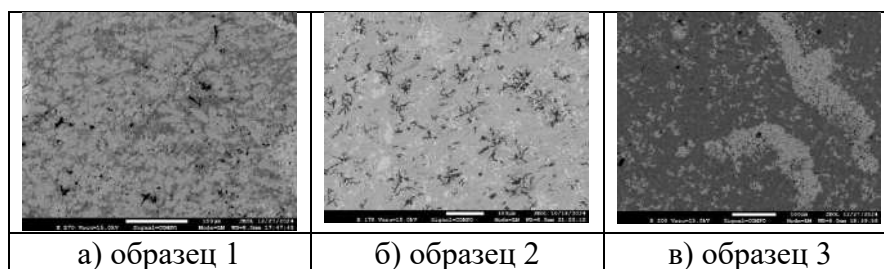


Рисунок 2 – Микроструктуры опытных образцов

Проведенный анализ структур показал, что при концентрации молибдена 5% (рисунок 2, а) микроструктура является относительно однородной, зерна мелкие и равномерно распределены, при содержании 10% (рисунок 2, б) наблюдается некоторая сегрегация молибдена, а также темные включения, что указывает на образование более сложных фаз. При содержании 15% молибдена (рисунок 2, в) микроструктура становится еще более неоднородной, наблюдается значительная сегрегация молибдена. Более детальный анализ микроструктуры в данной работе не проводился.

Для исследования жидкотекучести опытных образцов были подготовлены специальные пробы. Расплав доводили до температуры 1700 °С, что примерно на 100 °С превышает рассчитанную температуру ликвидуса. Заливка осуществлялась через литниковую систему (рисунок 1) в форму спиральной конфигурации. После завершения кристаллизации и охлаждения, отливки извлекались, и жидкотекучесть определялась по длине полученного прутка. Расчёт осуществлялся с точностью $\pm 0,5$ мм, исходя из количества фиксированных выступов (шаг 50 мм) и длины участка после последнего выступа. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования

Образец	Твердость, HV	Жидкотекучесть, мм
0	243	125
1	482	123
2	639	120
3	689	110

Результаты экспериментов показали, что добавление молибдена в указанных концентрациях положительно влияет на твердость опытных образцов, твердость возрастает более, чем в 2,5 раза.

Однако с повышением твердости жидкотекучесть образцов падает. Введение Мо в количестве 5-15% оказывает влияние на характер структуры, значительно увеличивает твердость сплава, но снижает его жидкотекучесть. При содержании Мо до 10% жидкотекучесть ухудшается незначительно (около 4%), однако при повышении до 15% Мо жидкотекучесть ухудшается уже на 12%, что необходимо учитывать при разработке режимов процесса литья.

Таким образом, добавление молибдена в квазивысокоэнтропийные сплавы может быть полезным для улучшения их прочностных характеристик, но его концентрация должна быть ограничена 15%, чтобы избежать ухудшения литейных свойств.

Список использованных источников:

1. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 2004, vol. 375–377, pp. 213–218// <https://doi.org/10.1016/j.msea.2003.10.257>
2. Kvon, S.; Issagulov, A.; Kulikov, V.; Arinova, S. Niobium's Effect on the Properties of a Quasi-High-Entropy Alloy of the CoCrFeMnNi System. *Metals* 2024, 14, 564. <https://doi.org/10.3390/met14050564>
3. W. Liu, Z. Lu, J. He, J. Luan, Z. Wang, B. Liu, Y. Liu, M. Chen, C. Liu // CoCrFeNiMox high entropy alloys strengthened by hard intermetallic phases// *Acta Mater.* – 2016. – P. 332–342.
4. ГОСТ 16438-70 Форма песчаная и металлическая для получения проб жидкотекучести металлов, дата введения 01.01.72, ИПК Издательство стандартов, Москва, 1999 г., переиздание с изменениями

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ПУТЕМ ВОДОРОДНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Современные технологии порошковой металлургии ориентированы на снижение энергоёмкости и упрощение процессов получения металлических порошков. Ключевым технологическим приёмом в данной разработке является смешение железной окалины, представляющей собой в основном оксид железа FeO , с диспергированными порошками ферросплавов, обладающих выраженным эффектом саморассыпания. Окалина, как побочный продукт прокатного производства, служит основой для получения металлического железа при восстановлении водородом. В процессе термической обработки при температуре $950\text{--}1050^\circ\text{C}$ FeO переходит в металлическое железо, что сопровождается уменьшением объема и образованием водяного пара, вызывающего внутренние напряжения. Одновременно с этим ферросплавные компоненты, обладающие склонностью к авторазрушению при охлаждении, активируют дополнительный механизм деструкции, в результате чего формируется готовый порошок со сложной микропористой структурой [1].

Центральным элементом предлагаемой технологической схемы является использование чистого водорода в качестве восстановителя. Его преимущества включают высокую химическую активность, малую молекулярную массу, высокую диффузионную способность, а также экологическую безопасность — единственным побочным продуктом реакций восстановления является водяной пар [1,2]. Научная литература свидетельствует, что водород может эффективно восстанавливать широкий спектр оксидов металлов при температурах от 800 до 1100°C , при этом реакции восстановления протекают со значительными тепловыми эффектами и изменением объема фаз, что и лежит в основе механизма саморассыпания [3]. В частности, при переходе оксидов железа в металлическую фазу происходит резкое уменьшение объема кристаллической решетки (до 40%), что приводит к возникновению деформационных напряжений и трещинообразованию.

Графический анализ, выполненный в программном обеспечении HSC Chemistry, также подтверждает эти выводы. При увеличении количества восстановителя (водорода) наблюдается сдвиг равновесия в сторону металлической фазы, а содержание оксидов закономерно

снижается. Это особенно хорошо видно на фазовых диаграммах и графиках состава фаз в зависимости от массы введённого H_2 . После определённого порога водорода (примерно 3.0 кг на 100 кг оксидной смеси) наблюдается плато по содержанию Fe, что указывает на завершение восстановления и достижение равновесного состояния системы (Рисунок 1).

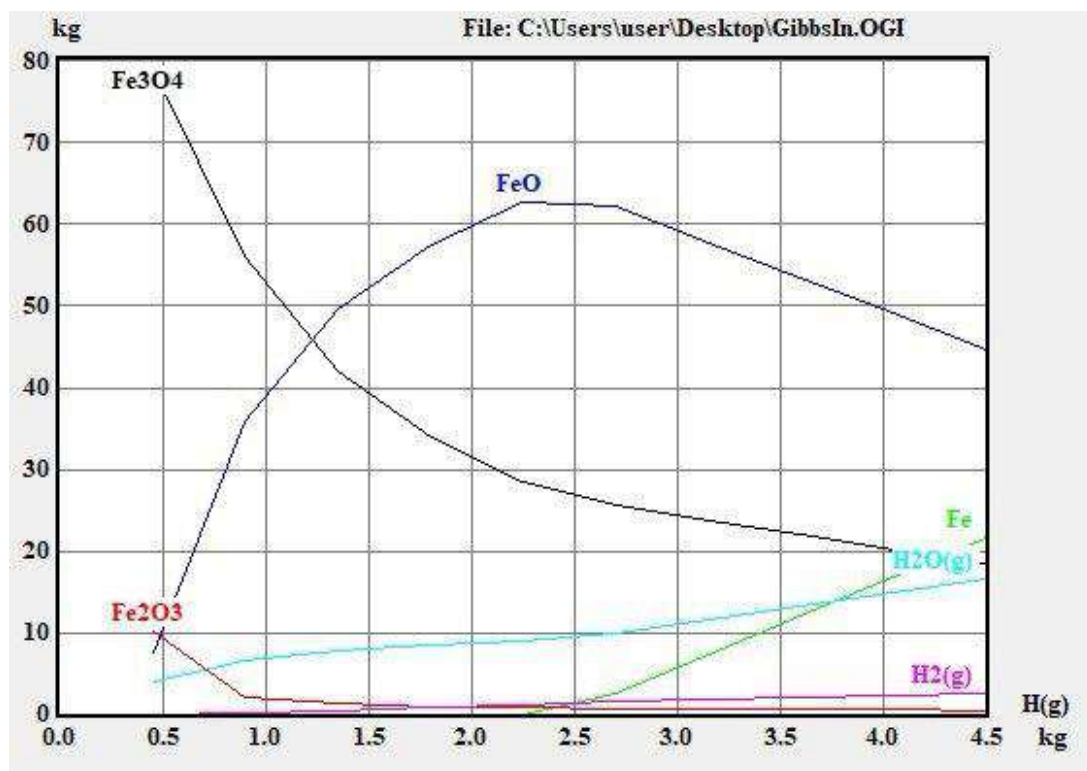


Рисунок 1 – Изменение фазового состава системы $Fe_3O_4-Fe_2O_3-FeO-Fe$

При введении около 0,5 кг H_2 происходит полное восстановление гематита (Fe_2O_3), после чего наблюдается образование и последующее уменьшение магнетита (Fe_3O_4) и вюстита (FeO). Металлическое железо (Fe) начинает формироваться при 2,5–3,0 кг H_2 и становится доминирующей фазой при 4,0 кг. Параллельно фиксируется рост количества водяного пара (H_2O), что подтверждает протекание восстановительных реакций [2].

Расчёты подтвердили, что критическая масса водорода, необходимая для полного восстановления 100 кг оксидной массы, составляет около 3,5–4 кг. Восстановление сопровождается формированием губчатой структуры, благоприятной для спекания и дальнейшей обработки. Были также проанализированы параметры восстановительной среды — температура, стехиометрическое соотношение, скорость подачи водорода — и предложены оптимальные режимы получения порошка: 1000 ± 20 °С, 60 минут выдержки, 10–20% избыток восстановителя. На каждом этапе происходит выделение водяного пара, который, попадая в замкнутую пористую структуру ферросплава, может вызывать локальное повышение давления, особенно если условия дегазации не обеспечивают достаточную

вытяжку газов. Этот внутренний пар действует как расширяющий агент, способствующий механическому разрушению структуры. На уровне кристаллической решетки также происходят изменения: восстанавливаемые фазы теряют кислород, что влечёт за собой реорганизацию атомной упаковки, снижение симметрии, возникновение дефектов — вакансий и дислокаций, которые дополнительно ослабляют структуру.

Процесс восстановления оксидов железа водородом продолжается через последовательные стадии, при этом наблюдается изменение содержания фаз FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 и металлического железа Fe . На начальном этапе в системе преобладает FeO , масса которого постепенно уменьшается по мере увеличения количества водорода. Одновременно с этим растет масса металлического железа Fe , что свидетельствует о восстановлении FeO . Масса магнетита Fe_3O_4 и гематита Fe_2O_3 в этом интервале остается относительно небольшой, однако также наблюдается их постепенное снижение, что указывает на их участие в процессе восстановления. Газообразная вода $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ накапливается в системе, что подтверждает протекание восстановительных реакций. Небольшое количество газообразного водорода $\text{H}_2(\text{g})$ сохраняется в атмосфере системы, что свидетельствует о частичном избытке восстановителя [2].

Таким образом, разработанная схема получения порошков из смеси железной окалины и саморассыпающихся ферросплавов путём водородного восстановления позволяет исключить стадию механического измельчения, обеспечить высокий уровень чистоты материала и сформировать пористую структуру, пригодную для последующего спекания. Это открывает путь к созданию новых ресурсосберегающих технологий порошковой металлургии, ориентированных на устойчивое развитие и снижение углеродного следа производства.

Список использованных источников

1. A. Gil Del Val, F. Veiga, O. Pereira, L. Lacalle. Threading Performance of Different Coatings for High Speed Steel Tapping // *Coatings*. – V. 10(464) – 2020.
2. B. K. Rakhadilov et al. Structure and phase composition of high - speed steels // *Bulletin of the Karaganda University. Physics Series*. – No 2(98). - 2020. — P. 83-92. – DOI 10.31489/2020Ph2/83-92
3. С. Н. Кутепов, А. А. Калинин, А. Е. Гвоздев. Современные стали для быстрорежущей обработки металлических сплавов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – № 10. – 2018. — С. 597-607.

УДК 621.762

Акманова А.Е. (Караганда, КарГТУ им.А Сагинова)

Аубакиров Д.Р. (Караганда, КарГТУ им.А Сагинова)

Onuralp Yucel (Стамбул, Istanbul Technical University)

Махамбетов Е.Н. (Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)

Ахметов А.С. (Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ДОБАВКАМИ ИЗ САМОРАССЫПАЮЩИХСЯ ФЕРРОСПЛАВОВ

Применение порошковой металлургии при производстве быстрорежущих сталей (БРС) обеспечивает устранение карбидной ликвации, улучшение равномерности структуры и повышение механических свойств режущего инструмента. Однако основной промышленный способ консолидации распылённых порошков — горячее изостатическое прессование (ГИП) — требует сложного и дорогостоящего оборудования, что ограничивает широкое внедрение БРС, полученной методами распыления. В связи с этим актуален поиск альтернативных технологий, обеспечивающих высокую плотность спечённых заготовок при использовании более простых и доступных методов [1]. Так, практически не исследована возможность применения метода диффузионного легирования, который обеспечивает получение порошков с частицами губчатой формы, которые отличаются высокой формуемостью. Также мало изучена возможность применения механического легирования (механолегирования) для получения порошковой БРС, что в перспективе также может обеспечить получение лучшей альтернативы распыленному порошку. Перспективным является дисперсное упрочнение различными добавками, с получением композиционной БРС, характеризуемой повышенными физико-механическими свойствами.

Одним из перспективных направлений является введение в состав порошков дисперсно-активных добавок, в частности — саморассыпающихся ферросплавов. Эти сплавы, обладающие высокой хрупкостью и реакционной способностью, легко измельчаются до мелкодисперсного состояния. Их структура способствует активации процессов спекания, а при определённых условиях может инициировать образование жидкой фазы в межчастичном пространстве [2]. Проведённые исследования показали, что такие добавки улучшают формуемость порошковых смесей, обеспечивают равномерное распределение фаз и повышают плотность, твёрдость и износостойкость полученного материала [3].

На рисунке 1.1 показана микроструктура литой БРС, в которой наблюдается карбидная ликвация.

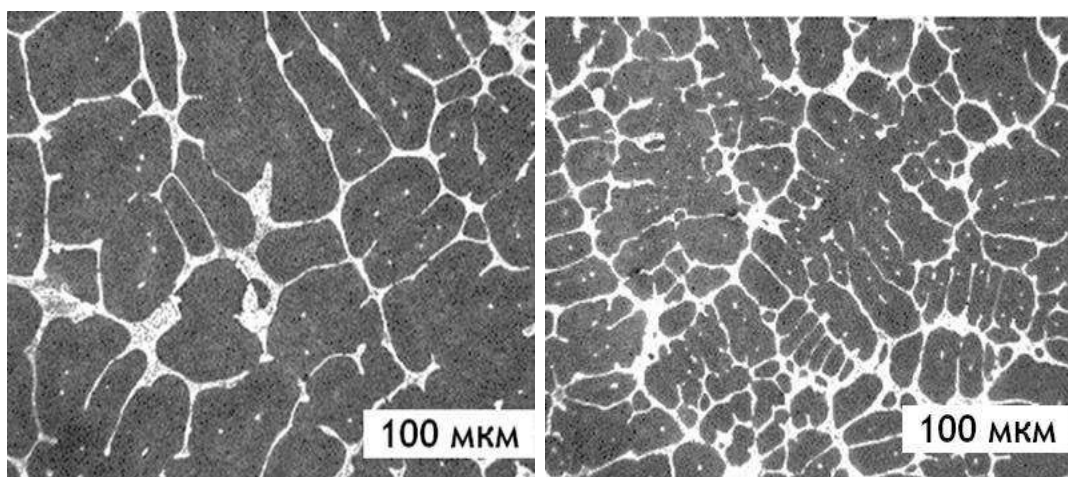


Рисунок 1.1 – Микроструктура литой БРС с карбидной ликвацией [4]

Комплексный анализ микроструктуры спечённых образцов подтвердил наличие равномерно распределённой упрочняющей фазы и отсутствие пор. Полученные заготовки характеризуются высокой однородностью, стабильностью структуры и улучшенными механическими свойствами по сравнению с образцами без добавок. Таким образом, саморассыпающиеся ферросплавы представляют собой эффективный компонент при получении порошковой БРС, обеспечивая её консолидацию при меньших энергозатратах и без применения ГИП.

Разработанная технология позволяет вовлекать в переработку техногенные отходы, снижать себестоимость инструмента и расширять технологические возможности порошковой металлургии [4].

Из альтернативных методов нанесения покрытий из порошковой БРС интерес также вызывает метод электроискровой обработки (ЭИО). Данный метод отличает ряд преимуществ, таких как возможность проведения обработки на воздухе, отсутствие необходимости значительной подготовки поверхности, на которую наносится покрытие, отсутствие необходимости механической обработки после нанесения покрытия, практически отсутствие нагрева основного материала, высокая адгезия покрытия с подложкой и возможность нанесения покрытия в отдельных участках, подверженных износу.

Большое преимущество покрытий, наносимых ЭИО в том, что высоких эксплуатационных свойств удастся достичь при относительно небольшой толщине слоя, благодаря чему данный метод экономически эффективен и является отличным выбором для нанесения покрытий из дорогих и дефицитных материалов, к которым относится и БРС. При помощи ЭИО возможно восстановление изношенных поверхностей глубиной до 0,2 мм [5].

Поскольку применение ГИП ограничивает широкое распространение порошковой БРС, актуальным является поиск альтернатив, позволяющих получать её методами, при которых отпадает необходимость его использования.

В качестве возможной альтернативы может служить метод диффузионного легирования, при котором легирующие элементы осаждаются на поверхности металлических порошков восстановлением из легковосстановимых соединений с дальнейшим получением порошков с губчатой морфологией частиц.

Многообещающим является также метод смешивания и обработки в ПЦМ, что обеспечивает значительное измельчение частиц, механическое легирование с образованием новых соединений, возможность введения упрочняющих добавок и активированное спекание, что позволяет достичь высокой плотности при сохранении мелкозернистой микроструктуры. При этом в качестве технологически простых методов консолидации, помимо прессования с дальнейшим спеканием, интерес вызывает и ГП.

Список использованных источников

1. С. Н. Кутепов, А. А. Калинин, А. Е. Гвоздев. Современные стали для быстрорежущей обработки металлических сплавов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – № 10. – 2018. — С. 597-607.
2. 14. С. В. Азеев, В. Л. Гиринов. Горячее изостатическое прессование металлических порошков // *Металлург*. – № 8. – 2015. – С. 18-21.
3. K. Geenen, A. Röttger, F. Feld, W. Theisen. Microstructure, mechanical, and tribological properties of M3:2 high-speed steel processed by selective laser melting, hot-isostatic pressing, and casting // *Additive Manufacturing*. – V. 28. – 2019. – P. 585-599. doi:10.1016/j.addma.2019.05.028
4. Я. И. Солер, В. К. Нгуен. Технологические резервы повышения качества шлифования пластин из быстрорежущей стали повышенной производительности // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. – № 5(674). – 2016. – С. 59-73.
5. С.И. Богодухов и др. Влияние режимов термической обработки на свойства твердосплавного режущего инструмента T14K8 // *Вестник ОГУ*. – №1 (176). – 2015. – С. 194-199.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ КРЕМНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Изучение влияние технологических условий создания интерметаллидных сплавов [1-5] является значимой проблемой современного материаловедения.

Анализ влияния технологической толщины кремния на микроструктуру металлокерамического материала системы Al-Fe-Si, полученный методом аддитивных технологий, осуществлен на 24 образцах, разделенных на 2 партии с тройным дублированием каждого состава. Марганец и добавочный кремний, вносимый в состав синтезированного материала из флюса, способствует изменению микроструктуры материала по сравнению с базовым составом.

В качестве представителей можно выделить три образца, исходный состав которых приведен в таблице 1. Для всех рассматриваемых образцов количество железа, принимающего участие в синтезе, составляет 30 г., что соответствует длине электрода 100 мм, 50 мм длины электрода не участвует в синтезе, находясь между захватами держателя. Стоит отметить, что при неполном проценте спекания процесс останавливается после спекания определенной части исходного пакета, что сопровождается затуханием электрической дуги, в то время как, по толщине пакета синтез реализуется достаточно равномерно.

Таблица 1 – Исходный химический состав синтезированного материала

Обозначение	Партия	Маркировка	Вес		Визуальный % спекания
			алюминий	кремний	
I	2	2/4	62,8	0,8	100
II	1	4/1	62,2	2	100
III	2	8/4	62,3	3,3	80

Для всех составов исследованных образцов основной является интерметаллидная фаза, при этом исходный состав шихты определяет в первую очередь порядок фазовой трансформации в результате охлаждения. Для всех случаев первичной фазой кристаллизации является θ фаза. При

этом в зависимости от состава при охлаждении θ фаза либо частично, либо полностью трансформируется в другие интерметаллидные частицы, а также растворяет в себе некоторое количество кремния.

В результате насыщения расплава кремнием и марганцем из флюса, содержание в синтезированном материале последних превышает вводимые в сплав компоненты в качестве шихты. Марганец способствует формированию кубической модификации α фазы при кристаллизации, однако полного подавления $\alpha \leftrightarrow \beta$ не происходит. В результате перемешивания компонентов происходит образование интерметаллидных фаз непосредственно при движении атомов железа вниз, а алюминия вверх, что приводит к образованию ламинарной морфологии микроструктуры, состоящей из интерметаллидной θ фазы, обогащенной кремнием. Формирование интерметаллидных частиц наблюдается до обеднения раствора кремнием и железом, с окончательной кристаллизацией жидкости в виде ГЦК твердого раствора кремния и железа в алюминии. При этом выделение β фазы происходит непосредственно в ходе охлаждения с осаждением ее по границам частиц θ фазы. Растворение θ фазы с дальнейшим ее повторным осаждением при кристаллизации приводит к измельчению и частичному повороту интерметаллидных частиц по отношению к направлению теплоотвода. При переизбытке кремния обнаруживается эвтектика в крупных объемах ГЦК алюминия. Недостаток кремния при избытке железа приводит к формированию полигональных зерен алюминий-железных интерметаллидов. Кремний в свободном составе не наблюдается, так как он либо участвует в образовании тройных интерметаллидов, либо растворяется в двойном интерметаллиде – θ фазе или формирует небольшую долю интерметаллидной эвтектики.

При содержании кремния в шихте до 1%, наблюдается полное проплавление материала с равномерным распределением структурных составляющих по всему объему образца. Весь кремний задействован в формировании тройных интерметаллидных фаз. Микроструктура имеет ламинарный характер. θ фаза преобладает по сравнению с другими фазами.

При содержании кремния от 1 до 2% в исходной шихте наблюдается также полное проплавление. Основа II образца после синтеза состоит из интерметаллидных соединений и небольшого количества ГЦК-твердого раствора, при этом наблюдается неравномерность распределения структурных составляющих по объему образца. Происходит локализация твердого раствора, как показано на рисунке 1, причем в больших объемах последнего формируется эвтектика интерметаллидного характера. В данном составе θ фаза при охлаждении претерпевает полное растворение с повторным формированием при более низкой температуре. Данная фазовая трансформацию приводит к устранению ламинарного направления структурных составляющих. Интерметаллидные частицы имеют хлопьевидную морфологию с небольшими прослойками ГЦК алюминия

или свободно ориентированные крупные частицы в зоне локализации ГЦК алюминия. В целом структура образца характеризуется неравномерно распределенными фазовыми составляющими, частично локализованная и имеющая разную формы и размеры. Распределение эвтектики по сечению также неравномерно, что вызовет неравномерность механических свойств.

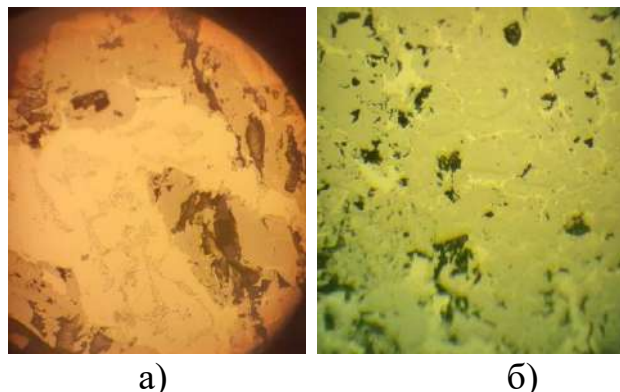


Рисунок 1 – Микроструктура образца II с 2% Si в исходной шихте, x100:
а - ГЦК область, б - интерметаллидная область

При содержании в шихте кремния более 3 % распределение структурных составляющих по объему образца выравнивается с образованием интерметаллидов, имеющих вытянутую, ламинарную морфологию. Объем ГЦК алюминия уменьшается и распределен между интерметаллидными частицами. Такое изменение в морфологическом строение связано с увеличением содержания кремния. При содержании кремния более 3% в исходной шихте эвтектики мало и она слабо выражена, очень дисперсная, расположена по границам зерен интерметаллидов равномерно.

Благодарности настоящее исследование выполнено при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19675471) «Разработка технологии синтеза композиционных керамических материалов системы Al_xFe_ySi с использованием аддитивного метода».

Список литературы:

1. M. H. Khan, A. Das, Z. Li, H. R. Kotadia, *Effects of Fe, Mn, chemical grain refinement and cooling rate on the evolution of Fe intermetallics in a model 6082 Al-alloy*, *Intermetallics* 132, 107132 (2021)
2. T. Wang, C. Chen, J. Ma, S. Wei, M. Xiong, F. Mao, P. Zhang, G. Zhang, *Influence of Si on the intermetallic compound formation in the hot-dipped aluminide medium carbon steel*, *Mater. Charact.* 197, 112700 (2023)
3. Krall, P., Weißensteiner, S. Pogatscher, *Recycling aluminum alloys for the automotive industry: Breaking the source-sink paradigm*, *Resour. Conserv. Recycl.* 202, 107370 (2024)
4. P. Mikolajczak, *Distribution and Morphology of α -Al, Si and Fe-Rich Phases in Al-Si-Fe Alloys under an Electromagnetic Field*, *Materials* 16.9, 3304 (2023)
5. V. A. Andreyachshenko, M. K. Ibatov, *Optimization of the three-component Al-Fe-Si system composition*, *Metall. Res. Technol.* 121(3), 315 (2024)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Актуальность исследования содержания и количественной оценки редких и рассеянных элементов обусловлена несколькими факторами – рост промышленного спроса, развитие альтернативной энергетики, геополитическая значимость, экологические аспекты, совершенствование аналитических методов. Таким образом, исследование содержания и количественная оценка редких и рассеянных элементов имеет важное научное, экономическое и прикладное значение.

Существующие и широко применяемые в цветной металлургии способы переработки шлаков, хвостов обогащения введут значительного расхода энергоресурсов и низкой извлекаемости металла, а также по требованиям к охране окружающей среды не отвечает современным требованиям комплексной энергосберегающей технологией переработки минерального сырья.

К наиболее широко используемым технологиям в РК является кучное выщелачивание. Данный технологический процесс запрещен к использованию во многих странах ввиду его особой опасности для окружающей среды.

Выходом из создавшегося положения является разработка экологически чистой технологии с использованием положений механохимии.

Сырьевая база для осуществления данного технологического процесса более чем достаточно. Накопление техногенных отходов в РК началось осуществляться с середины 19 века и идет их накопление в настоящее время. Особенно интересны для переработки металлургические шлаки периода 1930-1955 годов Балхашского и Жезказганского медеплавильных заводов.

Сырьевой базой для осуществления предлагаемой технологии служат исторические и современные продукты в виде шламов, шлаков, вскрышных пород, забалансовые руды в отвалах и складах. Для условий Казахмыс в зависимости от типа медной руды в суммарной стоимости доля сопутствующих компонентов составляет от 24% до 50% или в денежном выражении 80\$...120\$ за тонну без учета стоимости меди. В случае организации собственного производства по переработке техногенных отходов в стоимость сырья будет нулевой. Стоимость извлеченного металла ориентировочно с учетом производственных затрат будет в пределах 200\$-250\$ с тонны.

Способ прямого извлечения металла из рудного и техногенного сырья заключается в сверхтонком помоле (порядок 80...125 микрон минеральной составляющей) с последующей воздушной и магнитной классификацией помольной среды с разделением металлической и минеральной составляющих.

Таблица 1 - Информация о содержании металлов в металлургических шлаках Жезказганского металлургического комбината

Металл		Содержание металла г/тн				Минимальное содержание в бедные руды	Комментарии
		Шлак	%	Концентрат	%		
1.Медь	Cu	8075	0,85	198500	19,85	2000	
2.Свинец	Pb	12650	1,26	40000	4	1200	
3.Цинк	Zn	21075	2,1	36600	3,66	20000	
4.Серебро	Ag	12,375	0,0012	800	0,08	15	
5.Кадмий	Cd	17,75	0,0017	2800	0,28	20	
6.Молибден	Mo	123	0,0123			100	
7.Мышьяк	As	477	0,0477			1000	
8.Висмут	Bi	5,3	0,0005			500	
9.Барий	Ba	1575	0,1575			500000	в сульфиде
10.Железо	Fe	187425	18,74	29800	2,98		
11.Марганец	Mn	1175	0,1175	800	0,08	100000	
12.Палладий	Pd	< 0,1					
13.Кобальт	Co	1	0,00001			1000	
14.Никель	Ni	125	0,0125			1000	
15.Кальций	Ca	54650	5,465				
16.Рений	Re	45	0,0045				
17.Стронций	Sr	175	0,0175			10000	в оксиде
18.Цирконий	Zr	112	0,0112			4000	в оксиде
19.Селен	Se	3600	3,6			7000	
20.Хром	Cr	1225	0,1225				
21.Сера	S	3800	0,38				
22.Кремний	Si	152800	15,28				

Помол осуществляется в планетарной мельнице. При этом помольная среда состоит из металлических конкреции и пылевидной минеральной части. Механохимические процессы при помоле в планетарной мельнице слабо изучены. Возможны проявления специфических эффектов.

Установлено, что наибольшая извлекаемость металлов из техногенного и рудного сырья достигается при помоле с тониной 80...125мкм.

В получении полиметаллического концентрата из дешевого сырья по разработанной технологии имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими широко используемыми технологиями.

Проведена серия экспериментов по доизвлечению металла из шлаков Константиновского шлакоотвала и шлаков Темиртауского завода цветного

литья, Жезказганского металлургического комбината, показавших высокую эффективность предлагаемой технологии и высокую работоспособность планетарной мельницы.

Получен Инновационный патент РК №2705 на изобретение «Планетарная мельница периодического действия». Подготовлена документация на оформление заявки на получение АС «Планетарная мельница непрерывного действия», «Способ прямого извлечения металла из рудного и техногенного сырья». Технология выставлялась на выставках, проводимых МНиВО РК, НАТР, ДАМУ. Научный проект рассматривался на Ученом Совете Евразийской Международной Академии Наук Экологии и Безопасности Жизнедеятельности и был рекомендован к широкому внедрению. Стоимость полученного полиметаллического концентрата по предлагаемой технологии ориентировочно будет составлять 200\$-250\$ с одной тонны сырья. Стоимость сырья при его покупке составляет в пределах 80\$-120\$ за одну тонну, при переработке на собственных производствах стоимость сырья нулевая. Срок окупаемости организации производства по прямому извлечению металла из рудного и техногенного сырья при производительности мельницы в 5 тонн в час составит не более 12 месяцев.

Применение предлагаемой технологии является действенным способом решения экологических проблем, значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции, т.к. ряд технологических процессов, таких как добыча рудного сырья, транспортировка и первичная переработка исключаются из общего технологического процесса, имеется ряд преференции по оплате различного вида налогов, резко повышается извлекаемость металла из рудного и техногенного сырья.

Товарная продукция в виде полиметаллического концентрата и порошка железа может быть непосредственно без подготовки использоваться в технологических процессах разделения на составляющей на основном производстве. Товарная продукция может пойти на рынок с высокой добавленной стоимостью.

Список использованных источников

1. Покидаев Д. Вторичное сырье: почему в Казахстане не подбирают деньги, лежащие под ногами // <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2018-05/vtorichnoe-syre-pochemu-vkazakhstane-ne-podbirayut-dengi.23.04.2018>.
2. Кортаев В.Н., Слюсарь Н.Н., Жилинская Я.А. и др. Управление техногенными отходами. – Пермь: ПНИПУ, 2016. – 390 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.
4. Падохин В.А., Зуева Г.А. Стохастические модели измельчения дисперсных материалов // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – №5. – С. 586-594.
5. Zhang Y.F., Lu L., Yap S.M. Prediction of the amount of PCA for mechanical milling // Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – Vol. 89-90. – P. 260-265.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СТАЛИ 40ХНЗМФ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ МОЛИБДЕНОМ И КОМПЛЕКСНЫМ МОДИФИКАТОРОМ

Однородная мелкозернистая структура является важным условием высокой надежности и долговечности конструкционных сталей, работающих под нагрузкой. Однако литые заготовки легированных сталей зачастую характеризуются крупным зерном, ликвацией примесей и обилием неметаллических включений, что снижает прочностные характеристики изделий. Для улучшения структуры широко применяется модифицирование жидкой стали – целенаправленное введение активных присадок, рафинирующих расплав и измельчающих зерно при кристаллизации [1].

Особенно эффективны комплексные модификаторы, содержащие сочетание элементов (например, Са, Ва, Ti, Al, Si, редкоземельные и др.), которые позволяют одновременно раскислять металл, модифицировать неметаллические включения и измельчать структуру.

Практика показывает высокую эффективность такого подхода: использование многокомпонентного модификатора типа INSTEEL-7 повысило ударную вязкость стали примерно на 80% и предел текучести на ~60% [2]. Добавление титансодержащих присадок способствует измельчению литой структуры за счет формирования мелких зародышевых фаз [3], а комбинированное введение Ti и Al изменяет состав неметаллических включений и повышает чистоту стали [4].

Несмотря на значительный прогресс, влияние комплексных модифицирующих присадок на структуру сложнолегированных марок, таких как 40ХНЗМФ, изучено недостаточно. Цель работы – сравнить эффект добавки молибдена и многокомпонентного модификатора на фазовый состав и микроструктуру стали 40ХНЗМФ.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях выплавлены три варианта сплава на базе стали 40ХНЗМФ: без модифицирующих добавок (базовый), с добавлением ~1,5% Мо, и с комплексным модификатором (суммарно ~2% присадки, содержащей ~0,4% Cr, Ni, Si, Al и ~0,4% редкоземельных элементов Ce+La).

Плавки проводили в индукторной печи без защитной атмосферы; отливки охлаждали на воздухе.

Химический состав полученных сплавов приведён в Таблице 1. Расчёт равновесного фазового состава каждого варианта выполнен с использованием программного комплекса Thermo-Calc (база данных по железоуглеродистым сплавам). Были определены фазы, образующиеся при

кристаллизации и охлаждении сплавов до комнатной температуры. Микроструктура отливок проанализирована на растровом электронном микроскопе (РЭМ) с энергодисперсионным рентгеновским анализом (EDS); образцы для металлографического исследования вырезали из центральной части слитков и подвергали стандартной шлифовке, полировке и травлению.

Таблица 1 – Химический состав экспериментальных плавок стали 40ХНЗМФ (мас.%)

Вариант сплава	C	Cr	Ni	Mo	V	Mn	Si	Al	PЗ Э	Fe (ост.)
Базовый (40ХНЗМФ)	0,37	1,3	3,2	0,35	0,15	0,3	0,2	0,2	–	остальное
+Mo	0,37	1,3	3,2	1,8	0,15	0,3	0,2	0,2	–	остальное
Комплексный	0,37	1,7	3,6	0,35	0,15	0,3	0,6	0,6	0,4	остальное

Согласно расчетам Thermo-Calc, в немодифицированной стали 40ХНЗМФ при охлаждении формируется феррито-аустенитная матрица с выделениями карбидных фаз (цементит и карбиды Cr, Mo, V). Реальная литая структура базового сплава отличается крупным зерном и неоднородностью: наблюдаются большие ферритные зоны с неравномерным распределением избыточных карбидов по границам зерен; местами фиксировалась ликвационная графитизация по межзеренным прослойкам.

Добавление ~1,5% Mo несколько измельчает зерно: бывшие крупные ферритные зерна распадаются на более мелкие субзерна, а по прежним границам выделяются дисперсные карбиды типа MC и M₃C (в т.ч. M₂₃C₆), упрочняющие межзеренную область.

Микроструктура модифицированной молибденом стали становится более однородной по сравнению с исходной, однако сохраняются участки крупнозернистости и ликвации. Комплексное модифицирование (Ni+Cr+Si+Al+Ce+La) обеспечило формирование мелкозернистой равномерной структуры.

В образце с комплексной присадкой наблюдается значительно более мелкое зерно без выраженной ликвации примесей. Матрица представлена ферритно-аустенитной структурой, по границам которой равномерно распределены мелкодисперсные выделения карбидов и интерметаллидов. В частности, обнаружены фазовые частицы типа Fe_3Al и Ni_3Al , образующиеся вследствие легирования алюминием и никелем.

Теоретический фазовый анализ подтвердил образование перечисленных карбидных и интерметаллидных фаз при заданном составе комплексно легированного сплава.

Выполненное исследование показало, что комплексный модификатор (добавки $\sim 0,4\%$ Ni, Cr, Si, Al + $\sim 0,4\%$ Ce, La) существенно превосходит добавку молибдена в повышении однородности и дисперсности литой микроструктуры стали 40ХНЗМФ.

Комплексное модифицирование позволяет значительно уменьшить размер зерен и равномернее распределить упрочняющие фазы, что потенциально улучшает эксплуатационные свойства сплава по сравнению с немодифицированным состоянием и легированием только Мо.

Список использованных источников

1. Bakin I.V., Mikhailov G.G., Golubtsov V.A., Ryabchikov I.V., Dresvyankina L.E. *Methods for Improving the Efficiency of Steel Modifying* // *Materials Science Forum*. – 2019. – Vol. 946. – P. 215–222. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.946.215
2. Korovin V.A., Leushin I.O., Balabanov I.P., Savin I.A. *Increase of Resistance of Steel Moulds Using the Complex Modifier INSTEEL-7* // *CIS Iron and Steel Review*. – 2024. – Vol. 27. – P. 31–34. – DOI: 10.17580/cisirs.2024.01.05
3. Melchakov S.Yu., Ermakova V.P., Kataev V.V. et al. *Method of Changing the Structure of Cast Fe–Al Alloys by Inputting Titanium-Containing Modifiers* // *KnE Materials Science*. – 2019. – Vol. 5(1). – P. 231–238. – DOI: 10.18502/kms.v5i1.3972
4. Yang Y., Tang J., Zhang X., Zhao S., Zhang W. *Effects of Ti and Al on Modification of Inclusions in Wheel Steel* // *Materials*. – 2023. – Vol. 16(11). – Article No. 3972. – DOI: 10.3390/ma16113972

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Железосодержащие отходы металлургического производства - окалина, шламы, пыль, шлаки — являются важным источником вторичного сырья, содержащего до 70 % железа. Их эффективная переработка позволяет снизить техногенную нагрузку и обеспечить устойчивое использование природных ресурсов. В статье рассматриваются технологические подходы к переработке такого сырья, включая восстановление, сепарацию и термообработку, а также проводится краткий анализ преимуществ и ограничений современных методов.

Современная металлургия сопровождается значительным объемом отходов, богатых железом. По данным [1], ежегодно в мире образуется более 100 млн тонн железосодержащих шламов и окалин, большая часть которых складывается без последующей переработки. Между тем, эти материалы обладают высоким содержанием железа (Fe) — до 40–70 %, что делает их ценным ресурсом для вторичной переработки [2].

Повторное использование железа из отходов снижает потребность в руде, уменьшает затраты на утилизацию и способствует сокращению выбросов CO₂. Однако эффективность извлечения железа зависит от химического состава, степени дисперсности, структуры и метода переработки сырья [3].

Методы переработки

На сегодняшний день применяются следующие технологические решения:

1. Восстановление углеродом и водородом

Восстановление оксидов железа при температуре 900–1100 °С с использованием углеродсодержащих материалов (например, древесного угля, коксика) — один из наиболее изученных и практикуемых подходов. Альтернативой является восстановление водородом, обеспечивающее более экологичное получение металлического железа [4].

Двухстадийный метод, включающий предварительное окисление с последующим восстановлением, демонстрирует более высокую степень извлечения Fe, особенно при наличии смешанных фаз гематита и магнетита [5].

2. Магнитная сепарация

После термообработки сырья возможна магнитная сепарация, отделяющая ферромагнитные фазы от пустой породы. Эффективность

сепарации зависит от магнитной восприимчивости и степени предварительного обогащения [6].

3. Агрегация и брикетирование

Мелкодисперсные отходы часто требуют предварительного формирования — в виде брикетов или агломератов — перед восстановлением. Это улучшает термоконтакт, повышает выход и облегчает логистику [7].

Преимущества и ограничения

Эффективность переработки зависит от применяемой технологии. Так, восстановление углеродом обладает высокой экономичностью, но сопровождается выбросами CO_2 . Водородное восстановление — экологичнее, но требует специализированного оборудования.

Наибольшую степень извлечения демонстрируют комбинированные методы: термоокисление + восстановление + магнитная сепарация. С их помощью достигается до 90–95 % восстановления железа из окалины [8].

Заключение

Переработка железосодержащего техногенного сырья — важное направление устойчивой металлургии. Наиболее эффективны процессы, сочетающие восстановление и магнитную очистку. Для дальнейшего повышения эффективности необходимо совершенствовать подготовительные стадии переработки и внедрять экологически чистые восстановители.

Список литературы

1. Виноградов, А.П. Вторичное сырьё черной металлургии. — М.: Металлургия, 2019.
2. Либенсон, Г.А. Металлургия железа. — М.: Наука, 2010.
3. Ермолин, А.И. Процессы восстановления оксидов железа // Известия вузов. Черная металлургия. — 2005. — №11. — С. 32–35.
4. Hara, S., et al. Hydrogen-based reduction of iron oxide: A review // Journal of Cleaner Production. — 2021. — Vol. 293. — P. 126–144.
5. Arslan, C., et al. Thermochemical conversion of iron-rich residues // Resources, Conservation and Recycling. — 2020. — Vol. 160.
6. Зайцев, Ю.Н. Магнитная сепарация в переработке техногенных отходов. — Екатеринбург: УрФУ, 2018.
7. Gupta, R., & Sharma, A. Recycling of steel plant dust by briquetting // Ironmaking and Steelmaking. — 2017. — Vol. 44(5). — P. 350–358.
8. Kim, H., et al. Reduction behavior of mill scale using coke breeze // Materials Research Express. — 2022. — Vol. 9(1).

**ТЫҒЫЗДЫҚ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ТЕОРИЯСЫ (DFT) АРҚЫЛЫ Ni-Co
ЖАЛҒЫЗ АТОМДЫ ҚОРЫТПАСЫНЫҢ СУТЕК ЭВОЛЮЦИЯ
РЕАКЦИЯСЫНА ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КАТАЛИТТІК
БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ**

Қазіргі заманда экологиялық таза әрі орнықты энергия көздеріне деген сұраныс артып келеді. Соның ішінде сутек энергиясы болашақтың басты энергия тасымалдаушысы ретінде әлемдік ғылыми қауымдастықтың назарын аударуда. Электролиз арқылы суды ыдыратып, сутек алу – экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әрі тиімді әдіс ретінде танылған. Бұл әдістің жалғыз жанама өнімі — оттек, сондықтан қоршаған ортаға зиянсыз. Алайда бұл үдерісте қолданылатын катализаторлардың тиімділігі, тұрақтылығы және қолжетімділігі маңызды рөл атқарады. Қазіргі кезде платина және оның қосылыстары ең тиімді катализаторлар қатарына жататынымен, олардың жоғары бағасы мен сирек кездесетіндігі өнеркәсіптік қолдануға елеулі шектеу қояды [1].

Осыған байланысты арзан әрі белсенді балама материалдарды іздеу – қазіргі заманғы электрохимиядағы өзекті мәселелердің бірі. Соңғы жылдары жалғыз атомды катализаторлар (Single-Atom Catalysts, SACs) ерекше қызығушылық тудырып отыр. Олар атомдық деңгейде диспергирленген металдардың арқасында жоғары белсенділік, селективтілік және металлды тиімді қолдану қасиеттерімен ерекшеленеді. Мұндай катализаторлардың бетінде тек жалғыз атомдар болғандықтан, олардың барлық атомдары белсенді орталық ретінде жұмыс істейді. Бұл оларды нанокластерлер мен көпатомды жүйелерге қарағанда әлдеқайда тиімді етеді. Катализдік белсенділік пен тұрақтылықты қамтамасыз ететін негізгі фактор – металл атомдарының төселген құрылымы мен оларды қоршаған ортаға байланысты электрондық күйі [2].

Бұл зерттеуде никель мен кобальт элементтерінен құралған жалғыз атомды қорытпаның (Ni-Co Single Atom Alloy, SAA) сутек эволюция реакциясына (HER) қатысты электрохимиялық каталиттік белсенділігі тығыздық функционалдық теориясы (Density Functional Theory, DFT) әдісімен зерттелді. Зерттеу барысында жүйеде әртүрлі атомдық конфигурациядағы Ni және Co атомдарының H^* адсорбция энергиясы, белсенділік орталықтарындағы электрон тығыздығы, күй тығыздығы (Density of States, DOS) және заряд таралуы сияқты көрсеткіштер есептелді. Бұл параметрлер HER механизміне әсер ететін негізгі факторлар болып табылады [3-4].

Есептеу нәтижелері Ni-Co жалғыз атомды қорытпасында H* адсорбция энергиясының мәні платинамен салыстырмалы екенін көрсетті. Бұл сутек бөліну реакциясы үшін термодинамикалық жағынан тиімді ортаның бар екенін дәлелдейді. Сонымен қатар, жүйедегі атомаралық электрондық қайта таралу мен металдар арасындағы d-орбитальдардың өзара әсері катализатордың беттік белсенділігіне оң ықпал ететіні байқалды. Бұл құбылыс электрон құрылымының оңтайлануына және реакция жолындағы энергия тосқауылдарының төмендеуіне алып келеді. Катализатордың бетінде металдардың аралас конфигурациясы жаңа белсенді орталықтардың пайда болуына әкеліп, реакцияны жеңілдетеді.

DFT негізіндегі бұл зерттеу жұмысы Ni-Co негізіндегі жалғыз атомды катализаторларды болашақта тәжірибелік жолмен жасау мен сынау үшін теориялық бағыт-бағдар береді. Мұндай материалдар HER процесінде тиімділікті арттырумен қатар, энергияны үнемді пайдалану мен өндіріс шығынын азайтуға көмектеседі. Сонымен қатар, бұл зерттеу SACs саласындағы жаңа мүмкіндіктер мен бағыттарды ашуға негіз бола алады. Осы бағыттағы одан әрі зерттеулер катализаторларды нақты электролиттік ортада модельдеуді, олардың тұрақтылығын және уақыт бойынша өзгеруін зерттеуді қамтуы қажет.

Сондай-ақ, жалғыз атомды катализаторларды қолданып, HER механизміне әсер ететін аралық күйдегі молекулалық комплекстер мен энергия тосқауылдарын тереңірек түсіну маңызды. DFT есептеулер арқылы алынған адсорбция энергиялары мен реакция жолдары катализатордың тиімділігін алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу барысында алынған деректер Ni-Co негізіндегі материалдың тек модельдік ортада ғана емес, нақты электролиз жүйелерінде де жоғары белсенділік таныта алатынын көрсетеді. Катализатордың физикалық-химиялық сипаттамаларын жетілдіру арқылы оны кең ауқымды қолдану үшін оңтайландыру мүмкіндігі бар.

Жалпы алғанда, Ni-Co жалғыз атомды қорытпасының теориялық негізде зерттелуі тек бір ғана бағытты емес, бүкіл сутек энергетикасы саласын дамытуға үлес қосады. Зерттеу нәтижелері әрі қарайғы тәжірибелік жұмыстарға негіз бола алады және ғылыми қауымдастыққа жаңа перспективалар ұсынады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Chi, J. and Yu, H., 2018. Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen production. Chinese journal of catalysis, 39(3), pp.390-394.
2. Pu, Z., Amiin, I.S., Cheng, R., Wang, P., Zhang, C., Mu, S., Zhao, W., Su, F., Zhang, G., Liao, S. and Sun, S., 2020. Single-atom catalysts for electrochemical hydrogen evolution reaction: recent advances and future perspectives. Nano-Micro Letters, 12, pp.1-29.
3. Assylkhan, A., Kubekova, S. and Dalbanbay, A., 2025. THE PROSPECTS OF NICKEL-BASED ALLOYS AS COST-EFFECTIVE AND EFFICIENT ELECTROCATALYSTS FOR HYDROGEN AND OXYGEN EVOLUTION REACTIONS. Modern Scientific Technology, (10).
4. Zhang, T., Walsh, A.G., Yu, J. and Zhang, P., 2021. Single-atom alloy catalysts: structural analysis, electronic properties and catalytic activities. Chemical Society Reviews, 50(1), pp.569-588.

БЕЗУГЛЕРОДНАЯ ВЫПЛАВКА ФЕРРОХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО СПЛАВА ФАСК

Глобальные проблемы экологического характера требуют от металлургической отрасли движения в направлении улучшения её устойчивости. Одним из главных вызовов является высокая углеродоемкость отрасли, выраженная в использовании большого объема кокса и углей в качестве восстановителей, что приводит к значительному углеродному следу, что особенно выражено в производстве хромосодержащих сплавов [1].

Традиционная карботермическая реакция, на которой основывается технология выплавки феррохрома, является эндотермичной, и для её активного протекания необходим подвод тепла — использование энергоёмких печей [2]. Одновременно металлотермические реакции на основе кремния и алюминия хоть и экзотермичны, но они более дорогостоящие и для решения проблемы углеродного следа требуется выполнение комплекса решений: используемые элементы должны иметь низкую себестоимость и низкоуглеродный след [3, 4].

В качестве аналогового восстановителя предлагается использовать ферроалюмосиликокальций (ФАСК, %: 10 – 15 Al, 60 – 70 Si, 10 – 15 Ca), который благодаря высоким восстановительным способностям, имеет потенциал эффективности при получении хромосодержащих ферросплавов. Дополнительно в качестве восстановителя перспективно и предлагается использование пылей ферросиликохрома (ФСХ, %: 45 – 55 Si, 35 – 45 Cr), возникающих в результате дробления и фракционирования ФСХ. Такие пыли не имеют применения из-за дисперсного состояния, и из-за низкой массы затачиваются вытяжными системами. Концентрация кремния в его составе достаточно высокая, а хром легко может перейти в металл.

Проводили восстановление хромового концентрата (Cr_2O_3 ~52 %). ФАСК и ФСХ вводили в равной пропорции в четырех вариантах: 10 % недостаток восстановителей (вариант 1); в стехиометрическом количестве, достаточном для полного восстановления основных оксидов Cr концентрата (вариант 2); а также с 10 % (вариант 3) и 20 % (вариант 4) избытком. Также вводили металлургическую известь. Плавку проводили в алундовых тиглях, в камерной печи в воздушной атмосфере при скорости нагрева 10 °С/мин с изотермической выдержкой при 1650 °С в течение 30 мин с дальнейшим остыванием в печи до комнатной температуры.

В результате плавки получили образцы феррохрома состава, представленного в таблице 1.

Таблица 1 – Состав опытных образцов ферросплавов, %

Вариант шихты	Cr	Fe	Si	V	N	C	S	P
1	62 – 64	29 – 31	< 1	0,9 – 1,0	2,5 – 3,5	< 0,10	< 0,02	< 0,03
2	64 – 66	28 – 31	< 1	1,1 – 1,2	3,8 – 4,1			
3	59 – 62	33 – 35	< 1	0,9 – 1,1	2,6 – 2,8			
4	54 – 58	31 – 32	7 – 8	1,2 – 1,3	2,2 – 3,0			

Данные в таблице 1 составы опытных образцов ферросплавов отличаются высоким содержанием хрома. С повышением доли ФАСК/ФСХ, резко повышается содержание кремния – он переходит в состав ферросплава из восстановителей из-за их избытка. Поскольку плавку проводили в воздушной среде, то наблюдается насыщение ферросплава азотом.

Образцы металлов, полученные из вариантов шихты 1 – 3 отвечают требованиям к низкоуглеродистому феррохрому, содержащему азот согласно ГОСТ 4757 – 91.

Определили содержание Cr_2O_3 для вариантов шихты 1, 2, 3 и 4, соответственно: 9 – 12 %, 7 – 8 %, 4 – 6 % и 4 – 5 %. Низкое содержание Cr_2O_3 свидетельствует о высоком его переходе в металл и значительной эффективности ФАСК/ФСХ. Вместе с тем стоит отметить, что данные показатели были получены при тигельных плавках с возможностью точного контроля процесса.

В дальнейшем планируется проведение крупно-лабораторных исследований по выплавке феррохрома в электродуговой печи.

Финансирование: данное исследование было финансировано Комитетом Науки Министерства Науки и Высшего образования Республики Казахстан, программа BR24992758.

Список использованных источников

1. Du Preez, S.P.; Van Kaam, T.P.M.; Ringdalen, E.; Tangstad, M.; Morita, K.; Bessarabov, D.G.; Van Zyl, P.G.; Beukes, J.P. An Overview of Currently Applied Ferrochrome Production Processes and Their Waste Management Practices. *Minerals* 2023, 13, 809, doi:10.3390/min13060809.
2. Mori, T.; Yang, J.; Kuwabara, M. Mechanism of Carbothermic Reduction of Chromium Oxide. *ISIJ Int.* 2007, 47, 1387–1393, doi:10.2355/isijinternational.47.1387
3. Sommerfeld, M.; Friedrich, B. Replacing Fossil Carbon in the Production of Ferroalloys with a Focus on Bio-Based Carbon: A Review. *Minerals* 2021, 11, 1286, doi:10.3390/min11111286.
4. Surup, G.R.; Trubetskaya, A.; Tangstad, M. Charcoal as an Alternative Reductant in Ferroalloy Production: A Review. *Pro-cesses* 2020, 8, 1432, doi:10.3390/pr8111432

THE USE OF PETROLEUM COKE AS A REDUCING AGENT FOR THE SYNTHESIS OF SILICON CARBIDE FROM MAN-MADE WASTE

Silicon carbide is a material with a unique combination of useful properties, including electrical insulation, anti-corrosion and high mechanical strength. Due to these qualities, it is increasingly being used in modern technologies. Its high hardness makes it an excellent abrasive, and its heat resistance and chemical resistance contribute to its use as a refractory structural and protective material in the metallurgical, machine-building and chemical industries [1].

To date, polycrystalline silicon carbide has already been used in areas where its semiconductor properties are in demand. It is used to create ignitronic igniters, waveguide absorption loads, heating elements for electric furnaces, as well as various types of nonlinear resistances and other devices.

The production of silicon carbide is carried out according to the formula:



According to the traditional technology of silicon carbide production using the Acheson method, carbonaceous reducing agents are used in a resistance furnace. In this case, petroleum coke from the «UPNK-PV» LLP plant is used. Microsilicon from «Tau-ken Temir» LLP is considered as a source of SiO_2 .

Petroleum coke is a high-quality carbonaceous material formed as a result of the thermal transformation of petroleum hydrocarbons. Externally, it looks like black lumps or granules of various shapes and sizes with a porous structure. The elemental composition of the petroleum coke used is as follows: C_s – 91.1%, S – 3.0%, the rest are volatile components and hydrogen, oxygen [2].

The main qualities of petroleum coke are the content of sulfur, ash, moisture, yield of volatile substances, granulometric composition and mechanical strength. Table 1 shows the technical composition of petroleum coke used for the synthesis of silicon carbide.

Table 1 – Technical composition of petroleum coke

Components	A	W	V	C_s	S
Content, %	0.15	0.8	8.0	91,0	3,0

Classification of petroleum cokes is usually based on their origin, depending on the type of feedstock and production technology. Depending on the field of application, different requirements are imposed on cokes: for low-sulfur

cokes, they are determined by GOST 22898-78, and for cokes with a sulfur content above 1.5% - by technical specifications. The characteristics of petroleum cokes depend on the properties of the source oil, methods of obtaining residual products, and coking technology [3].

One of the key quality indicators used to classify cokes is the sulfur content: low-sulfur cokes include cokes with a sulfur content of up to 1.5%, sulfur cokes with a content of less than 4.0%, and high-sulfur cokes with a sulfur level of over 4.0%.

During the processing of sulphurous oil, petroleum coke is obtained with a sulfur content in the range of 1.5-4.0%, and sometimes up to 5%. High-temperature calcination reduces the sulfur content, but desulfurized coke has a significant disadvantage - it is difficult to graphitize. Cokes with a high sulfur content have less favorable characteristics: they contribute to corrosion of equipment, cause increased fracturing in electrode products, lead to the destruction of refractory masonry in calcination furnaces, etc. For this reason, their use is limited only to certain areas.

The reactivity of petroleum coke when used in the synthesis of silicon carbide (SiC) from silica is determined by a number of structural, chemical, and thermal factors. Petroleum coke is a solid carbon-containing material with a high degree of aromaticity and partial graphitization, which generally reduces its reactivity compared to less ordered forms of carbon. However, with high-temperature treatment (1173-1473 K), it is possible to increase its reactivity due to an increase in specific surface area and porosity.

The microstructure of petroleum coke has a significant effect on its behavior in chemical reactions. Coke with a mosaic texture, characterized by a finely dispersed structure and a large number of active sites, demonstrates a higher reactivity compared to coke with a texture of flowing domains or a high degree of graphitization.

The chemical composition of coke also plays an important role. A high sulfur content (up to 6%) can lead to the formation of harmful compounds during synthesis and requires additional purification. Impurities of heavy metals (vanadium, nickel, iron, calcium, etc.) can both catalyze and inhibit carbidization processes, depending on the conditions. To increase the reactivity of petroleum coke, pretreatment methods can be used, including heat treatment and alkaline activation (for example, NaOH), aimed at reducing the sulfur content and increasing the number of oxygen-containing functional groups.

An additional effect of increasing reactivity can be achieved by introducing additives such as biomass or carbon from agricultural waste. Such additives contribute to the formation of a more active carbon structure by reducing the degree of ordering and increasing the heterogeneity of the material.

Thus, despite the initially low reactivity, petroleum coke, with appropriate preparation and selection of conditions, can be effectively used in the synthesis of silicon carbide, ensuring the rational use of carbon-containing man-made waste.

The synthesis of silicon carbide (SiC) is a high-temperature carbothermal process based on the interaction of silicon dioxide (SiO₂) with carbon in the solid state. In laboratory or industrial scale conditions, this process is implemented, as a rule, in resistance furnaces that provide a temperature range from 1600 to 2000 °C, necessary for the initiation and course of the reaction.:

Microsilicon (finely dispersed amorphous silicon dioxide) and petroleum coke, respectively, are used as sources of silicon and carbon in the framework of the technology under consideration. The mixture of the initial components is thoroughly mixed in stoichiometric or slightly excess carbon to compensate for possible losses, then molded (pressed) into tablets or briquettes and subjected to heat treatment in a resistance furnace.

The synthesis process is carried out in an environment close to an inert one (most often in an argon current or in a weak vacuum), which prevents carbon oxidation and the formation of side phases. The resistance furnace allows precise control of the temperature profile, ensuring uniform heating of the reaction mass and preventing overheating, which can lead to partial melting or sintering.

The reaction is accompanied by the release of significant amounts of carbon monoxide (CO), which requires an effective exhaust and purification system. The course of the reaction depends on a number of factors, including:

The uniformity of the mixture affects the uniformity of synthesis and the morphology of the resulting SiC. The resulting product is usually a mixture of silicon carbide, residual carbon, and unreacted silicon dioxide. Therefore, after the basic synthesis, a purification stage (for example, acid etching or heat treatment in an oxidizing atmosphere) can be used to increase the purity of the material. Thus, the resistance furnace provides stable and reproducible conditions for the carbothermic synthesis of SiC, and the use of man-made waste products such as silica and petroleum coke as the initial components makes the process more economically and environmentally feasible [4].

References

1. Semejko K.V., Malinovskij A.I., Greben'kov A.Zh., Saenko S.Yu., Lobach K.V., Kustovskaya A.D., Lyaposhchenko A.A., Sklabinskij V.I. // *Razrabotki tekhnologij polucheniya karbida kremniya (obzor)* / *Vestnik NYaC RK* 2021 - №2 – S. 30-41.
2. Shakenov R. K. K., Kasenov A. Zh. *Primenenie neftyanogo koksa v zavisimosti ot ego svojstv* // *Put' nauki*. – 2016. – №. 1. – S. 11-13.
3. Doshlov O. I., Speshilov E. G. *Neftekoksovaya meloch'-novyj uglerodistyj vosstanovitel' dlya proizvodstva karbida kremniya* // *iPolytech Journal*. – 2014. – №. 10 (93). – S. 185-189.
4. Kudinova A. A., Poltorackaya M. E. *Pererabotka nizkokachestvennogo sernistogo neftyanogo koksa s polucheniem uglerodnogo sorbenta* // *Racional'noe ispol'zovanie prirodnih resursov i pererabotka tekhnogennogo syr'ya: Fundamental'nye problemy nauki, materialovedenie, himiya i biotekhnologiya*. – 2022. – S. 347-352.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ НОВЫМ МЕТОДОМ

1. Введение.

Современные отрасли - от машиностроения до авиации и космоса - предъявляют высокие требования к материалам, сочетая требования к прочности, износостойкости и лёгкости. Это потребовало пересмотра традиционных методов обработки, ориентированных только на формообразование.

Для достижения высоких механических свойств активно применяются комбинированные технологии, совмещающие традиционные методы с интенсивной пластической деформацией (ИПД) [1–3]. ИПД обеспечивает глубинное управление микроструктурой, однако сопровождается локализованным тепловыделением, что приводит к формированию зон с высокой плотностью дефектов.

Наиболее эффективными оказались сочетания ИПД с волочением, прокаткой и термической обработкой. В данной работе предложена технология обработки медной проволоки с использованием модифицированного равноканального углового прессования во вращающейся матрице. Введение скручивания обеспечивает равномерную деформацию по объёму. Заключительный этап - волочение - позволяет откалибровать сечение и устранить дефекты поверхности без дополнительных операций. Технология обеспечивает как улучшение свойств, так и снижение производственных затрат.

2. Материалы и методы

В исследовании использовалась медная проволока марки С11000 (99,96% Cu), предварительно закалённая для формирования равноосной структуры. Обработка проводилась на полупромышленном волочильном стане В-1/550 М в три прохода.

Разработанная технология включает два этапа. Первый - деформация проволоки во вращающейся равноканальной ступенчатой матрице, обеспечивающей интенсивное перераспределение дислокаций и измельчение зерна за счёт сложного пластического течения. Вращение матрицы способствует равномерной деформации по объёму. Второй этап - волочение через фильеру, обеспечивающее уменьшение диаметра и точность формы (Рис. 1). Сочетание этих методов позволяет эффективно формировать градиентную микроструктуру.



Рис. 1. Конструкция скручивания в блоке с технологической смазкой.

Исходный диаметр проволоки составлял 6,5 мм; после трёх циклов деформации - 5,0 мм. Для анализа микроструктуры использовался оптический микроскоп Leica DM IRM HC, оснащённый модулем для измерения микротвёрдости отдельных фаз. Измерения проводились по методу Виккерса при нагрузке 0,5 Н, что обеспечивало высокую точность без повреждения образца.

Для детального анализа субструктуры применялась просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), позволившая изучить кристаллическую решётку на атомарном уровне, оценить плотность дислокаций и размеры субзерен.

Механические испытания на растяжение проводились по ГОСТ 11701-84 на машине Instron 5882 при комнатной температуре. Скорость перемещения траверсы составляла 2 мм/мин. Полученные данные по микротвёрдости и прочности использовались для комплексной оценки поведения материала с градиентной структурой под нагрузкой. Совокупность применённых методов обеспечила достоверное представление о структуре и механических характеристиках образцов.

3. Результаты и обсуждение

После деформации медная проволока демонстрирует заметный рост прочности: предел прочности увеличивается с 302 до 635 МПа, а предел текучести - с 196 до 306 МПа (прирост 56%). Однако прочностной прирост сопровождается снижением пластичности: относительное удлинение уменьшается с 42% до 27%.

Для оценки пластичности применялось соотношение условного предела текучести к пределу прочности, равное 0,48 - это указывает на удовлетворительную пластичность. Более точным показателем является относительное сужение ψ : оно снизилось с 72% до 62% после первого цикла, оставалось стабильным после второго и снизилось до 55% после третьего. Такое поведение связано с эволюцией структуры при деформации: на первом этапе наблюдается интенсивный наклёп за счёт роста плотности дислокаций, затем - их упорядочивание (замедление упрочнения), и, наконец, при третьем цикле - резкое увеличение дефектности и снижение пластичности.

Исходная микротвёрдость проволоки составляла 77 МПа. После трёх циклов деформации она достигла 216 МПа в поверхностных слоях, 174 МПа в среднем сечении и 155 МПа в центре. Градиент микротвёрдости объясняется неравномерным распределением дислокаций и упрочнением границ зёрен. Это подтверждает формирование градиентной структуры и необходимость комплексных методов оценки пластичности, выходящих за рамки стандартных соотношений прочностных характеристик.

4. Выводы

Совмещённая технология деформации в равноканальной ступенчатой матрице (РКСм) и последующего волочения приводит к формированию выраженной градиентной микроструктуры по радиусу проволоки. Поверхностный мелкозернистый слой обеспечивает повышенную прочность, тогда как центральная часть сохраняет более крупнозернистую структуру. Градиент обусловлен неравномерным распределением деформации, особенно выраженным в поверхностной зоне из-за трения при волочении. Наблюдаемая бимодальная структура в среднем слое указывает на сложные процессы динамической рекристаллизации.

Результаты подтверждают, что комбинированная обработка позволяет управлять микроструктурой и свойствами проволоки за счёт подбора технологических параметров. Технология демонстрирует потенциал к масштабируемости и экономичности, так как основана на простом оборудовании и энергоэффективных приёмах.

Симметричная градиентная микроструктура обеспечивает сочетание прочности, пластичности и стабильности свойств, что делает представленную методику перспективной для производства высококачественной медной проволоки. Дальнейшие исследования целесообразно направить на оптимизацию режимов деформации, включая влияние скорости, температуры и числа проходов.

Финансирование: Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19676903).

Список использованных источников

- Çiçek, A., Uygur, I., Kivak, T., Özbek, N.A.: *Machinability of AISI 316 austenitic stainless steel with cryogenically treated M35 high-speed steel twist drills*. J. Manuf. Sci. Eng. 134, 061003 (2012).
- Li, D.H., He, W.C., Zhang, X., Xiao, M.G., Li, S.H., Zhao, K.Y., Yang, M.S.: *Effects of traditional heat treatment and a novel deep cryogenic treatment on microstructure and mechanical properties of low-carbon high-alloy martensitic bearing steel*. J. Iron Steel Res. Int. 28, 370–382 (2021).
- Volokitina, I., Volokitin, A., Latypova, M.A., Chigirinsky, V.V., Kolesnikov, A.S.: *Effect of Controlled Rolling on the Structural and Phase Transformations*. Progress in Physics of Metals. 24(1), 132–156 (2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРУТКОВ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НОВЫМ МЕТОДОМ

Арматура из углеродистой или низколегированной стали широко применяется для упрочнения железобетонных конструкций. При её производстве и раскрое неизбежно образуются обрезки различной длины, которые, как правило, утилизируются путём переплавки. Этот процесс требует высоких температур, значительных энергетических затрат и использования сложного оборудования, что увеличивает себестоимость и негативно влияет на экологию. Актуальной задачей является поиск альтернативных способов утилизации этих отходов. В данной работе предлагается технология вторичной переработки обрезков методом радиально-сдвиговой протяжки-волочения, позволяющая снижать энергозатраты и получать прутки меньшего диаметра, пригодные к повторному применению в строительстве.

Технология основана на принципах интенсивной пластической деформации (ИПД), позволяющей формировать ультра- и нанозернистую структуру, что существенно повышает прочность, пластичность и износостойкость углеродистой стали [1]. Однако чрезмерное упрочнение может привести к хрупкости, поэтому важной задачей остаётся достижение баланса между прочностью и пластичностью.

Перспективным направлением повышения свойств металлов является создание градиентных структур, при которых размер зерна уменьшается к поверхности. Это обеспечивает высокую прочность внешнего слоя при сохранении общей пластичности материала [2].

Одним из методов, позволяющих получить градиентную структуру в длинномерных прутках, является радиально-сдвиговая прокатка (РСП), которая была запатентована в работе [3]. В процессе радиально-сдвиговой прокатки деформация материала происходит благодаря взаимодействию трех приводных валков, которые расположены под углом к оси заготовки и между собой. Это создает условия, способствующие не разрыхлению центральной зоны, как это происходит в традиционных установках, а, наоборот, уплотнению материала. Таким образом, при использовании РСП можно добиться значительного улучшения свойств материала, что делает его более подходящим для различных применений [4].

Предлагаемый метод переработки обрезков арматуры экономически выгоден: он снижает затраты на утилизацию и переплавку, уменьшает себестоимость продукции и экологическую нагрузку за счёт сокращения

отходов и выбросов. Внедрение данной технологии способствует рациональному использованию ресурсов и открывает перспективы в области строительной утилизации.

2. Материалы и методы

Лабораторный эксперимент был проведен с использованием отожженных прутков из углеродистой стали марки AISI 1045, выбранной за её промышленную распространённость и изученные свойства. Перед деформацией они были отожжены при 740 °С (45 мин) для получения однородной микроструктуры и устранения остаточных напряжений, что обеспечило достоверность результатов.

В связи с отсутствием в лаборатории планетарных клеток традиционная радиально-сдвиговая прокатка была заменена на комбинированный метод, совмещающий радиально-сдвиговую протяжку и волочение на стане В-1/550 М. Данный подход требует анализа возникающих напряжений и деформаций.

Суть модификации заключается в следующем: заготовка проходит последовательно через два инструмента – устройство радиально-сдвиговой протяжки и волоку. Одновременное воздействие этих двух инструментов создает сложную картину напряженно-деформированного состояния материала. При прохождении через скрещенные валки протяжного устройства возникают значительные растягивающие напряжения. Именно эти растягивающие напряжения являются ключевым элементом инновации и оказывают существенное влияние на общий технологический процесс.

Снижение усилия волочения обусловлено формированием трёх винтовых канавок на поверхности заготовки после радиально-сдвиговой протяжки. Эти канавки частично разрывают контакт с волокой, что снижает усилие волочения на 12–15% и уменьшает энергозатраты - одно из ключевых преимуществ метода.

Захватывающее устройство обеспечивало стабильное перемещение заготовки через радиально-сдвиговую протяжку и волоку. При этом наблюдалось незначительное скручивание заготовки из-за пассивного вращения валков. Деформирование проводилось при комнатной температуре в три прохода. Исходный диаметр прутка составлял 30 мм, после 3 циклов деформации диаметр прутка составил 16 мм.



Рис. 2. Установка в сборе.

3. Результаты и обсуждение

Параллельно с анализом микроструктуры проводились измерения микротвердости в каждой из трех зон. Результаты показали значительный градиент микротвердости. Среднее значение микротвердости в центральной зоне составило 2085 МПа, в нейтральной зоне - 2505 МПа, и достигло максимального значения - 2915 МПа – в поверхностной зоне. Такой симметричный, но неравномерный разброс значений микротвердости однозначно подтверждает наличие градиентной микроструктуры, сформированной в результате деформации. Это неравномерное распределение напряжений и, как следствие, микротвердости, напрямую связано с неравномерным распределением большеугловых границ зерен, наблюдаемым в разных зонах прутка.

После трёх циклов деформации прочность прутка существенно возросла: предел прочности увеличился с 580 до 1010 МПа, а текучести - с 325 до 730 МПа. При этом пластичность снизилась (удлинение - с 18% до 14%, сужение - с 42% до 31%), но осталась на приемлемом уровне благодаря формированию градиентной микроструктуры.

4. Выводы

Комплексный анализ микроструктуры и механических свойств прутка после трех циклов деформации показал эффективность данного метода обработки для повышения прочности материала при сохранении относительно высокой пластичности. Формирование градиентной микроструктуры, характеризующейся неравномерным распределением большеугловых границ и соответствующим градиентом микротвердости, является ключевым фактором, определяющим наблюдаемые изменения механических свойств. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования данного метода обработки для рециклинга прутков и получения в них улучшенные механические характеристики. Многократное повторение экспериментов и согласованность результатов, полученных различными методами, подтверждают надёжность и воспроизводимость разработанной технологии.

Финансирование: Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19678974).

Список использованных источников

- Singla, A.K., Singh, J., Sharma, V.S.: Processing of materials at cryogenic temperature and its implications in manufacturing: A review. *Mater. Manuf. Proc.* 33, 1603–1640 (2018).
- Denissova, A., Fedorova, T., Lawrinuk, D., Kolesnikov, A., Yerzhanov, A., Kuatbay, Y., Liseitsev, Y.: Effect of thermomechanical processing of building stainless wire to increase its durability. *Case Studies in Construction Materials*. 19, e02346 (2023).
- Baldissera, P.: Deep cryogenic treatment of AISI 302 stainless steel: Part I—Hardness and tensile properties. *Mater. Des.* 31, 4725–4730 (2010).
- Baldissera, P., Delprete, C.: Deep cryogenic treatment of AISI 302 stainless steel: Part II—Fatigue and corrosion. *Mater. Des.* 31, 4731–4737 (2010).

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АУСТЕНИТНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ
ВОЛОЧЕНИИ С КРИОГЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Производство высокопрочной проволоки требует оптимизации процессов, так как традиционное волочение снижает пластичность и повышает риск дефектов. Более эффективной является термомеханическая обработка (ТМО), обеспечивающая контроль микроструктуры и повышение прочности и износостойкости [1,2]. Влияние криообработки зависит от состояния материала: для AISI 302 фиксируются изменения твёрдости, а для AISI 316 - значительное улучшение режущих свойств [3].

Ключевая особенность предлагаемой технологии - криогенное охлаждение после каждого цикла волочения. Оно инициирует мартенситное превращение, подавляет рекристаллизацию и сохраняет деформированную структуру, формируя ультрамелкозернистый мартенсит с высокой прочностью и износостойкостью при достаточной пластичности. Точная настройка параметров позволяет адаптировать свойства проволоки под требования авиационной, медицинской и машиностроительной отраслей [4].

В качестве материала использовалась нержавеющая сталь марки AISI 316, прошедшая закалку при 1050 °C с выдержкой 30 минут и последующим охлаждением в воде. Такая термообработка обеспечивала формирование равноосной аустенитной структуры, обладающей высокой пластичностью и пригодной для последующей деформации.

Экспериментальная часть проводилась на волочильном стане В-I/550 М в три прохода. Для повышения стабильности процесса и снижения риска дефектов обжатие за один проход было ограничено до 5-7% (в отличие от традиционных 10-12%). Диаметр проволоки уменьшался с 6 мм до 5 мм.

Ключевым элементом предлагаемой технологии является криогенное охлаждение, реализуемое перед каждым циклом волочения. Проволока охлаждалась до сверхнизких температур в герметичной камере, интегрированной в линию волочения. В качестве хладагента использовался жидкий азот, подаваемый через систему точного контроля, обеспечивающую стабильность температуры, давления и расхода.

После охлаждения и деформации проволока наматывалась на барабан, завершив цикл обработки (Рис.1). Такой подход позволяет повысить точность геометрических параметров и улучшить механические свойства за

счёт фиксации деформированной микроструктуры и предотвращения рекристаллизации.



Рис. 3. Установка в сборе.

Металлографический анализ закалённых образцов выявил однородную аустенитную структуру с двойниками отжига (Рис. 2а), свидетельствующими о наличии остаточных напряжений после охлаждения и подтверждающими высокую чистоту и однородность стали.

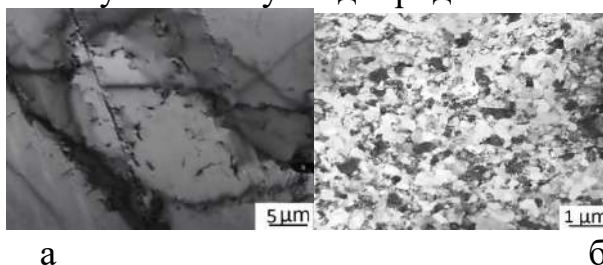


Рис. 2. Микроструктура нержавеющей проволоки (поперечное направление): а – исходное (закаленное) состояние; б - после трех проходов деформирования.

Для уточнения фазового состава применялась рентгеновская дифракция (XRD), менее чувствительная к локальным дефектам, чем EBSD, и более надёжная для анализа деформированных материалов. Использовалось излучение $\text{Cr K}\alpha$ ($\lambda = 2,29 \text{ \AA}$). Диффрактограммы с теоретическими пиками позволили подтвердить наличие конкретных фаз, а также оценить остаточные напряжения по форме и положению пиков (Рис. 3).

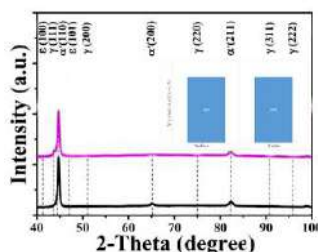


Рис. 3. Кривые XRD и рассчитанная объемная доля мартенситной составляющей на поверхности и в центре проволоки.

Металлографический анализ выявил однородную аустенитную структуру с двойниками отжига (Рис. 2а), свидетельствующими о чистоте стали и наличии остаточных напряжений. После первого прохода волочения наблюдалась ϵ -фаза мартенсита, характерная для начальных стадий

деформации (10–15%). С ростом деформации происходила трансформация по схеме $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$, и после третьего прохода преобладал α -мартенсит.

Ультрамелкозернистая структура ($\sim 0,4$ мкм) формировалась за счёт накопления пластической деформации, роста плотности дефектов и отсутствия промежуточного отжига, что обеспечивало подавление рекристаллизации (Рис. 26). XRD-анализ подтвердил равномерное распределение α' -мартенсита по всему сечению проволоки (Рис. 3), с полной трансформацией аустенита.

Механические испытания показали рост прочности: σ_B увеличилось с 605 до 1050 МПа, σ_T - с 243 до 920 МПа. Пластичность снизилась до $\delta = 31\%$, однако осталась на приемлемом уровне. Упрочнение связано с высокой плотностью дислокаций, образованием мелкозернистого мартенсита и увеличением сопротивления деформации. Это делает материал пригодным для ответственных конструкций.

Исследуемая сталь AISI 316 продемонстрировала высокую пластичность в исходном состоянии и значительный потенциал упрочнения при холодной деформации. Применение криогенной обработки после каждого цикла волочения позволило существенно повысить предел прочности (до 1050 МПа) и текучести (до 920 МПа), при этом сохранив приемлемый уровень пластичности. Однако необходимо учитывать компромисс между прочностью и пластичностью при выборе режима термомеханической обработки.

Криогенное упрочнение эффективно уменьшает остаточный аустенит, способствует образованию мелкодисперсного мартенсита и карбидов, а также изменяет микроструктуру, улучшая эксплуатационные свойства материала. Это делает технологию перспективной для применения в машиностроении, авиации и автомобилестроении. Дальнейшие исследования могут способствовать расширению применимости криогенной обработки и разработке новых, более эффективных технологических решений.

Финансирование: Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19576369).

Список использованных источников

- Çiçek, A., Uygur, I., Kivak, T., Özbek, N.A.: *Machinability of AISI 316 austenitic stainless steel with cryogenically treated M35 high-speed steel twist drills*. J. Manuf. Sci. Eng. 134, 061003 (2012).
- Li, D.H., He, W.C., Zhang, X., Xiao, M.G., Li, S.H., Zhao, K.Y., Yang, M.S.: *Effects of traditional heat treatment and a novel deep cryogenic treatment on microstructure and mechanical properties of low-carbon high-alloy martensitic bearing steel*. J. Iron Steel Res. Int. 28, 370–382 (2021).
- Volokitina, I., Volokitin, A., Latypova, M.A., Chigirinsky, V.V., Kolesnikov, A.S.: *Effect of Controlled Rolling on the Structural and Phase Transformations*. Progress in Physics of Metals. 24(1), 132–156 (2023).
- Yan, X., Liu, K., Luo, Z., Wang, M., Wang, X.: *Effect of Cryogenic Treatment on Microstructure, Mechanical Properties and Distortion of Carburized Gear Steels*. Metals. 11, 1940 (2021).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОПОРОШКОВ ИЗ ОТХОДОВ

Современная промышленность, в особенности металлургическая отрасль, сталкивается с возрастающим объёмом техногенных отходов. Эти отходы, зачастую рассматриваемые как бесполезные, на самом деле содержат значительное количество остаточных металлов — меди, цинка, никеля, кобальта и других ценных элементов. Их захоронение не только экономически нецелесообразно, но и наносит серьёзный ущерб окружающей среде.

Согласно последним исследованиям, более 30% извлечённого металла теряется на стадиях переработки и концентрируется в виде шламов, пыли и отработанных растворов. Это создаёт предпосылки для развития инновационных технологий, направленных на вторичное извлечение металлов и их превращение в продукцию с высокой добавленной стоимостью.

Научная суть метода. Электрохимия, как наука, изучает процессы, происходящие на границе между электродами и электролитом. В рамках данного метода металлические ионные соединения, содержащиеся в отходах, переводятся в твёрдую фазу — то есть в элементарный металл — путём электроосаждения на катодной поверхности.

Суть процесса:

1. Сначала отходы проходят стадию растворения (например, в серной или азотной кислоте), где металлические соединения переходят в раствор.
2. Затем раствор поступает в электролизную ячейку, где на электродах под действием электрического тока происходит восстановление металлов.
3. При правильной настройке параметров (плотность тока, напряжение, pH, температура, состав электролита) можно получить металлический порошок с нанометровым размером частиц (10–100 нм).

Такой подход даёт возможность тонко контролировать морфологию, дисперсность и чистоту получаемого материала.

Что такое нанопорошки и в чём их ценность? Нанопорошки металлов — это материалы, состоящие из ультрамелких частиц металлов с размером менее 100 нанометров. Благодаря своей высокой удельной поверхности, повышенной реакционной способности и уникальным физико-химическим свойствам, они находят применение:

- в катализе,

- в электронике и сенсорах,
- в аддитивных технологиях (3D-печати),
- в нанокompозитах,
- в смазочных и антифрикционных составах.

Кроме того, такие порошки могут использоваться для создания современных покрытий и сплавов, а также в медицине (например, в антибактериальных материалах на основе серебра и меди).

Предварительные результаты (на основе литературных данных и расчётов) в таблице 1.

Таблица 1. Предварительные результаты

Источник отходов	Содержание меди (г/л)	Условия электроосаждения	Размер частиц (нм)
Пыль газоочистки	1,8	1,5 В, 45 мин, рН = 2.5	80-100
Отработанный травильный раствор	2,5	1,2 В, 30 мин, рН = 3.0	60-90
Электролит после электролиза	3,0	1,0 В, 25 мин, рН = 4.0	50-70

На практике для точного управления параметрами используются современные потенциостаты-гальваностаты, например, модель Autolab PGSTAT302N, Gamry Interface 1010E/5000E, Elins P-45X и др.

Экологический и экономический эффект

Переход от традиционных методов утилизации к ресурсосберегающим и экологически безопасным технологиям переработки отходов открывает новые возможности для металлургии. В частности:

- значительно сокращается объём отходов;
- возвращаются в оборот ценные металлы;
- повышается экономическая эффективность за счёт выпуска конкурентоспособной нанопроодукции;
- снижается выброс токсичных веществ в окружающую среду.

Это соответствует концепции циркулярной экономики и устойчивого развития промышленности.

Проблемы и вызовы реализации технологии.

Несмотря на очевидные преимущества электрохимического получения нанопорошков, существует ряд технологических и научных трудностей:

- *Неоднородность состава отходов* затрудняет стабильную работу процесса.
- Возникает необходимость в *предварительной очистке* растворов от примесей (Fe, Al, Mn и др.).

- *Оптимизация условий электролиза* (напряжение, плотность тока, температура, pH) требует тонкой настройки и подбора параметров для каждого типа сырья.

- *Текущие энергозатраты* электроосаждения при масштабировании процесса могут снизить общую экономическую эффективность, если не использовать возобновляемые источники энергии.

Решение этих задач требует совместных усилий специалистов в области электрохимии, материаловедения, инженерии и экологии.

Перспективы практического применения.

В ближайшие годы ожидается активное внедрение электрохимических методов извлечения металлов в:

- Горно-металлургических предприятиях — для переработки шламов, пыли и травильных растворов;

- Предприятиях электронной промышленности — для утилизации отходов печатных плат и аккумуляторов;

- Производстве наноматериалов — в рамках программ по локальному производству нанопорошков.

- Научных учреждениях — как объект фундаментальных исследований по синтезу новых наноструктурированных покрытий и катализаторов.

Вывод.

Электрохимическая технология получения нанопорошков из техногенных отходов — это не просто метод утилизации, а целая научно-техническая платформа. Она объединяет переработку отходов, извлечение ценных металлов и производство высокотехнологичной продукции.

В условиях глобального дефицита ресурсов и экологического кризиса такие технологии способны сыграть ключевую роль в формировании «зелёной металлургии» будущего.

Список использованной литературы

1. Карпов Г.Д., Захаров А.И. *Электрохимия металлов*. — М.: Наука, 2015.
2. Wang H. et al. *Electrochemical Synthesis of Metal Nanoparticles from Industrial Wastewaters*. *Journal of Cleaner Production*, 2021.
3. Мазуров Н.В., Курашов А.С. *Нанопорошки металлов: получение, свойства, применение*. — Екатеринбург: УрФУ, 2019.
4. Yin S., Sato T. *Development of Electrochemical Processes for Recovery of Valuable Metals*. *Hydrometallurgy*, 2020.
5. Ашимов К.Ж., Аубакиров Б.З. *Перспективы переработки шламов и пыли металлургических производств. Металлургия Казахстана*, 2022.

УДК
669.054.83

Джундибаев М.К. (Актобе, ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG»)
Лайхан С. А. (Актобе, ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG»)
Дронов А.В. (Актобе, Актюбинский завод ферросплавов - филиал АО "ТНК "Казхром")

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ ДЛЯ ОКУСКОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОХРОМА

Процесс получения высокоуглеродистого феррохрома представляет собой энергоёмкую металлургическую операцию, при которой восстановление хромовой руды углеродсодержащими реагентами осуществляется в дуговых электропечах переменного (SAF) или постоянного тока [1-2]. Одновременно с получением основного продукта — феррохрома — в процессе образуется большое количество вторичных материалов, включая шлаки, аспирационную пыль и шламы, которые представляют собой ценные виды техногенного сырья. В современных условиях переработки отходов производства феррохрома важным направлением является разработка эффективных технологий окускования вторичного сырья, в составе которого есть оксид хрома. Целью настоящего исследования является получение брикетов из вторичного сырья с использованием связующее на основе модифицированного лигносульфаната (далее МЛ).

Вторичное сырьё характеризуется высоким содержанием оксида хрома (в среднем 24%), но из-за высокой влажности не может быть напрямую использовано в дуговых печах. В качестве стратегического подхода предложено смешивание вторичного сырья с более богатыми сухими аспирационными пылями (до 45% Cr_2O_3), что одновременно позволяет снизить общую влажность смеси и повысить металлургическую ценность шихты.

Дозирование проводилось на платформенных весах после предварительной калибровки эталонными грузами. После дозировки проводилось смешение компонентов: сначала осуществлялось сухое перемешивание вторичного сырья, аспирационной пыли и МЛ в течение 5 минут, затем добавлялась вода и смесь дополнительно перемешивалась ещё 5 минут.

Готовую массу направляли в брикетную линию, включающую смеситель, вибропитатель, ленточный конвейер, валковый пресс, виброгрохот и приёмную корзину. После формовки брикеты подвергались сушке: часть — принудительной (5 часов при 120 °C), часть — в естественных условиях (7 суток). Готовые брикеты показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Готовые брикеты

Прочностные характеристики брикетов проводились на раскол, сброс, удар и истирание, результаты которых приведены в таблице 1.

Тип связующего	Вид испытания		Способ сушки	
			7 суток	120°C
МЛ	прочность	на раскол, кг/брикет	128,0	178,0
		на удар, % (+5мм)	73,9	69,0
		на истирание, % (-0,5мм)	24,7	18,9
		на сброс, % (+5мм)	97,8	98,0

Прочность на раскол с применением связующего МЛ после сушки при 120 °С составила 178,0 кг/брикет. Показатели на сброс, удар и истирание при принудительной и естественной сушке практически оказались на одном уровне.

Таким образом, связующее МЛ способствует формированию брикетов с высокой прочностью на раскол, сброс, удар и истирание, что особенно важно для их надёжного хранения и транспортировки, а также обеспечивает устойчивость к механическим воздействиям, что является преимуществом при эксплуатации в жёстких производственных условиях.

Список использованных источников

1. Harmen Oterdoom, Markus Reuter, and Johan Zietsman. DC Ferrochrome Smelting: The Arcing Zone and Its Influence on Energy Transport and Exergy Dissipation. *Metallurgical and materials transactions B*. Volume 56B, February 2025.
2. Harsh Raj, D. N. Paswan, S. K. Jha. Optimization of Process Parameter for Smelting and Reduction of Ferrochrome. *Journal «International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)»*. Volume 05, Issue 10 (October 2016).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ КОМПАКТНОЙ СТАЛИ 20КП И ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ СП20 ДО И ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДИФФУЗИОННОГО ХРОМИРОВАНИЯ

Основная цель диффузионного хромирования стали 20кп и порошковой стали СП20 - повышение твердости, коррозионно- и жаростойкости. Необходимо при проведении диффузионного насыщения получить сплошной однородный и продолжительный защитный слой, имеющий прочную связь с основным металлом [1].

В работе была определена твердость образцов до и после проведения диффузионного хромирования. Была измерена твердость всех образцов с помощью твердомера Роквелла на рисунке 1.

А так же в работе было проведено измерение микротвердости образцов из компактной стали 20кп и порошковой стали СП20 после проведения диффузионного хромирования, которое осуществлялось на приборе ПМТ-3.

Были построены зависимости твердости образцов от температуры и времени диффузионного хромирования. Результаты показаны на рисунках 1 и 2.

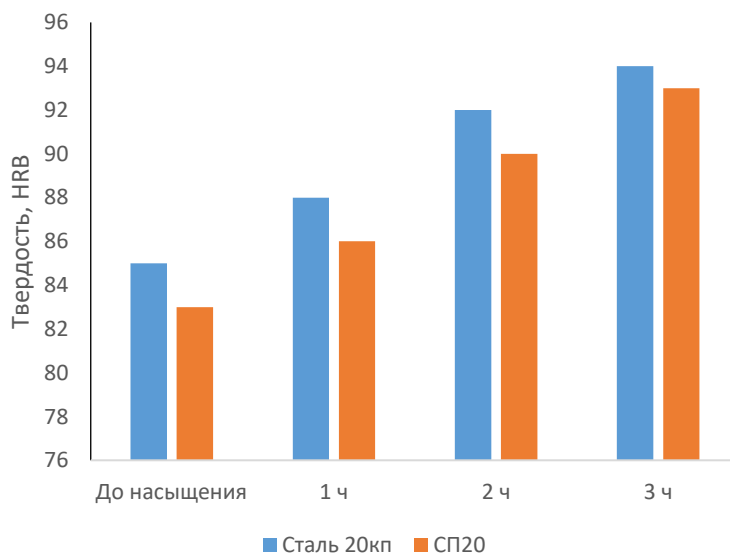


Рисунок 1 - Зависимость твердости от времени диффузионного хромирования образцов стали 20кп и порошковой стали СП20.

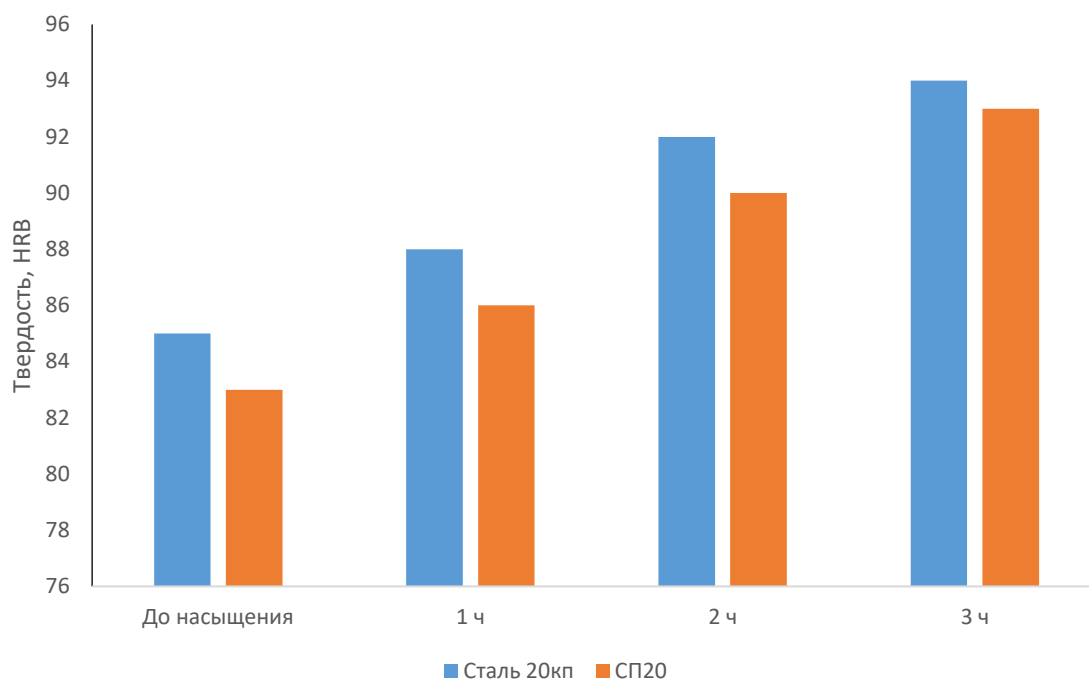


Рисунок 2 - Зависимость твердости от температуры диффузионного хромирования образцов стали 20кп и порошковой стали СП20.

После проведения диффузионного хромирования на образцах из стали 20 кп и порошковой стали СП20 была определена твердость методом Роквелла.

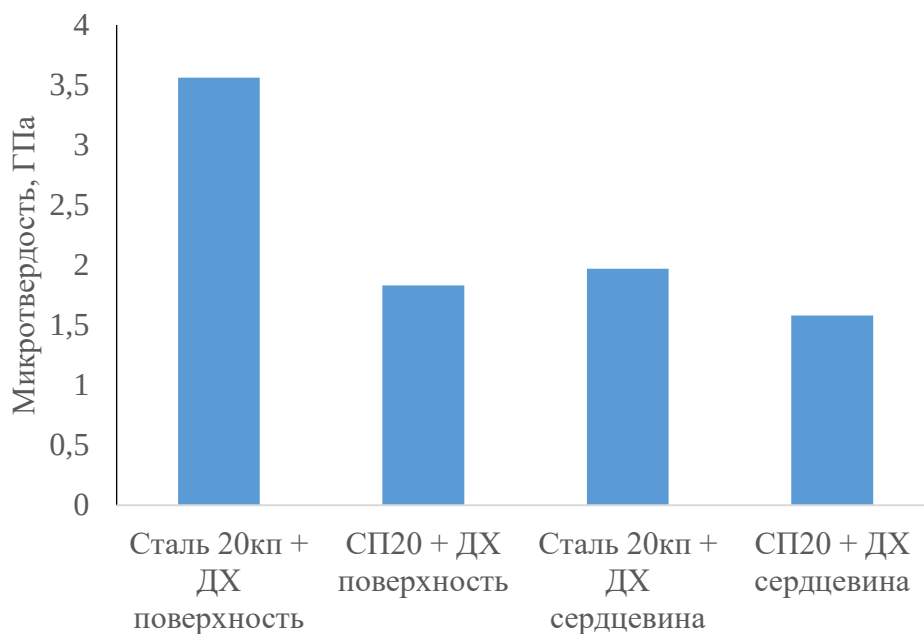


Рисунок 3 - Микротвердость исследованных образцов.

Согласно данному ГОСТу проводили измерение шариковым

стальным индентором. Диаметр шарика по шкале В должен быть 1,588 мм, его шероховатость Ra не более 0,04 мкм, предельное усилие измерения F_0 должно быть 98,07 Н, основное усилие 882,6 Н, а общее усилие F 980,7 Н. Число твердости по Роквеллу определяется по шкале индикатора или показателя цифрового отчетного устройства с округлением до 0,5 единицы твердости [2,3].

В данной работе было проведено изучение физико-механических и эксплуатационных свойств образцов компактной стали 20кп и порошковой стали СП20 после проведения диффузионного хромирования.

Используя диффузионное хромирование, можно эффективно управлять структурой поверхностных слоев, получить высокий комплекс физико-механических и эксплуатационных свойств, что значительно расширит область применения компактной стали 20кп и порошковой стали СП20 [4].

Было произведено измерение микротвердости образцов компактной стали 20кп и порошковой стали СП20 после диффузионного хромирования на рисунке 3. Отмечено, что значения микротвердости диффузионного слоя находятся в прямой зависимости от содержания хрома в данных слоях и микротвердость монотонно снижается к сердцевине образца.

Таким образом, благодаря диффузионному хромированию удалось повысить твердость образцов до значений 92-94 HRB [5].

Обобщая полученные зависимости можно заключить, что для получения хромированного слоя толщиной 100 мкм высокой твердости необходимо увеличить температуру и времена процесса насыщения.

На поверхности диффузионного слоя значения микротвердости компактной стали 20кп - 3,56 ГПа, порошковой стали СП20 - 1,83 ГПа. При переходе к сердцевине микротвердость падает и в дальнейшем не изменяется: компактной стали 20кп - 1,97 ГПа, порошковой стали СП20 - 1,58 ГПа [6].

Список использованных источников

1. Роман О.В., Габриелов И.П. *Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы.* – Минск. : Беларусь, 2016.-175 с.
2. *Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Тез. Докл. II Всесоюз. Конф.* - Минск, 2017. - С.96-104.
3. Дубинин Г.Н. *Диффузионное хромирование сплавов.* - М.: Машиностроение, 2018. - 452с
4. Мельник П.И. *Диффузионное насыщение железа и твердофазные превращения в сплавах.* - М.: Металлургия, 2019. - 128с.
5. Старк Дж. *Диффузия в твердых телах.* - М.: Энергия, 2021. - 239с.
6. Ворошин Л.Г., Хусид Б.М. *Диффузионный массоперенос в многокомпонентных системах.* – Минск: наука и техника, 2022. - 255с.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ THERMO-CALC (вариант цифрового материаловедения)

Более 40 лет программное обеспечение Thermo-Calc находится в авангарде научного программного обеспечения и баз данных для расчетов, включающих термодинамику, фазовое равновесие и превращения, контролируемые диффузией. Thermo-Calc (Швеция) разрабатывает вычислительные инструменты, используемые для прогнозирования и понимания состава, структуры и свойств материалов без дорогостоящих и трудоемких экспериментов или оценок на основе ограниченных доступных данных. На основе программы можно принимать более обоснованные решения в отношении качества продукции и улучшать условия обработки материалов, используя точные и надежные данные [1-3]. В связи с ежегодным увеличением потребления железоуглеродистых сплавов, увеличением спроса на качество деталей из них, было важно создать и внедрить способ получения продукции из качественного материала с более низкой себестоимостью за счет ресурсосбережения.

Цель настоящей работы – обобщение возможностей европейской программы, разработка рекомендаций по ее практическому применению. Для достижения поставленной цели в работе **решены задачи** по оптимизации составов белых износостойких чугунов с использованием собственных и мировых экспериментальных результатов.

Материалы и методы исследования. В работе использованы сплавы системы Fe-C с различным содержанием углерода, легирующие элементы, традиционно добавляемые в железоуглеродистые сплавы. С целью генерация точных расчетных данных о материалах на основе железа в работе использована лицензионная программа Thermo-Calc (Швеция). Используя вычислительное материаловедение, Thermo-Calc позволил получить точные данные о материалах. Таким образом, использованная программа – вариант цифровизации научных исследований.

Результаты исследования и их анализ. Сплавы и стали на основе железа, как известно, охватывают широкий спектр материалов. Справочные данные обычно охватывают только наиболее распространенные сплавы и, кроме того, не всегда учитывают различия в химическом составе или условиях обработки. Thermo-Calc позволил использовать для заполнения пробелов в данных о свойствах материала и прогнозирования поведения материала на протяжении всего его жизненного цикла. В работе произведен расчет следующих данных, исходя из фактического химического состава сплава. *Теплофизические свойства:* удельная теплоемкость, энтальпия,

скрытая теплота, вязкость, плотность как функция температуры, коэффициенты теплового расширения. **Фазовые свойства:** критические температуры превращения, типа A1 и A3, количества и составы фаз, пределы растворимости, активности, фазовые диаграммы и т. д. **Температуры сольвуса** и объемные доли фаз (σ , α' и карбиды, а также нитриды и карбонитриды). **Равновесное и неравновесное затвердевание:** ликвидус, солидус, начальные температуры плавления, диапазон кристаллизации, кривые твердых фракций, путь затвердевания, эвтектика фракций, микросегрегация, коэффициенты распределения, скрытая теплота, усадка. **Гомогенизация:** оптимальные температуры гомогенизации, время, необходимое для гомогенизации любой химической сегрегации, возникающей в результате затвердевания, и/или растворения осадков. **Дисперсионное твердение:** одновременное зародышеобразование, рост/растворение, укрупнение фаз осадка, объемная доля и распределение по размерам в зависимости от времени. **Поверхностная закалка:** профили глубины гильзы и образование осадков при науглероживании, азотировании и нитроцементации. **Кинетика трансформации:** преобразование аустенита в феррит, растворение карбидов. **Мартенситные и перлитные превращения.**

Ниже приведены три примера в качестве результатов исследования.

Критические температуры и фазовые фракции в стали. Сталь основана на микроструктуре закалки и отпуска для получения хорошей прочности и ударной вязкости. Если температура A1 будет превышена во время отпуска, то после термообработки останется неотпущенный мартенсит, что приведет к плохой ударной вязкости. Температуры фазового превращения могут варьироваться в зависимости от химического состава, и их можно рассчитать с помощью Thermo-Calc. На этом рис. 1 показаны равновесные фазы в зависимости от температуры для номинального состава стали, при этом на диаграмме указаны A1, A3, ликвидус и солидус.

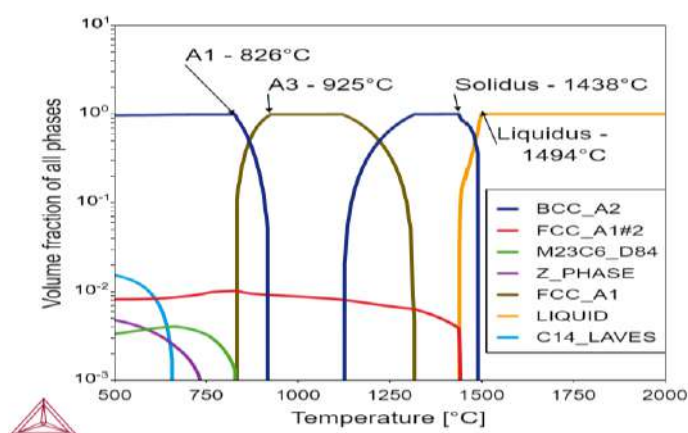
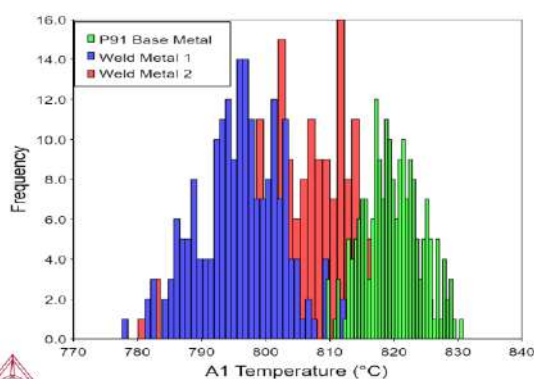


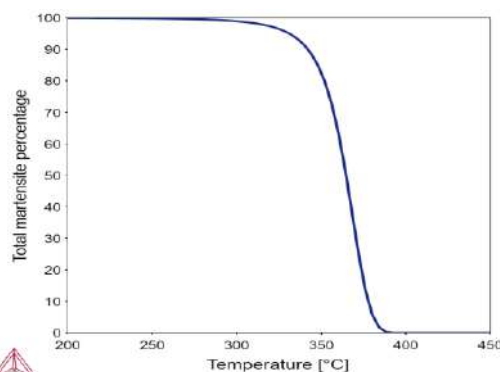
Рис. 1. Равновесные фазы в зависимости от температуры для номинального состава стали

Распределение температуры A1 для основного металла стали и

присадочных металлов. В приведенном выше примере температура A1 была рассчитана на основе номинального состава стали. Эта температура может варьироваться в зависимости от состава и может быть разной для металла сварного шва и основного металла, но ее трудно уловить для всех возможных температур материала без проведения большого количества экспериментов. С помощью Thermo-Calc вы можете рассчитать это для всего пространства композиции (рис. 2).



Распределение температуры A1 для основного и присадочных металлов



Содержание мартенсита в низколегированной стали

На гистограмме показана температура A1, рассчитанная для 200 составов, каждый из которых соответствует характеристикам основного металла стали, и двух присадочных металлов, соответствующих спецификациям состава. Если температура термообработки после сварки выбрана в соответствии с составом основного металла, температура A1 может быть превышена в металле сварного шва.

Содержание мартенсита в низколегированной стали. Температуры начала и окончания мартенситного превращения могут варьироваться в зависимости от химического состава. Температуру Ms легко измерить, но трудно определить долю мартенсита в зависимости от температуры. Это важно для определения наличия остаточного аустенита. С помощью Thermo-Calc можно рассчитать долю мартенсита в зависимости от температуры для различных составов. На диаграмме (рис. 3) показаны доли мартенсита в зависимости от температуры для стали с номинальным химическим составом, что хорошо согласуется с литературным значением 380 °C.

Библиографический список:

1. Емелюшин А.Н., Мирзаев Д.А., Мирзаева Н.М. *Металловедение, физика и механика применительно к процессу обработки графитированных материалов. Структура и износостойкость инструментов.* – Москва: Машиностроение, 2002. – 200 с.
2. Жумаев А.А., Барановский К.Э., Мансуров Ю.Н., Ахмедов Х.И. *Результаты исследования структуры отливок из белых износостойких чугунов // Черные металлы, № 2 (1082).* – Москва: Руда и металлы, 2022. – С. 4-10.
3. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Маматкулов Дж.Дж., Абдуллаев К.С. *Фазовые превращения в сплавах железа с углеродом, легированных редкоземельными и переходными металлами. // Черные металлы, № 11 (1067).* – Москва: Руда и металлы, 2020. – С. 22-29.

ВЛИЯНИЕ ГРАФИТА НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ В ИСПЫТАНИЯХ СО СМАЗКОЙ

Введение. Чугуны с благоприятной формой графита востребованы для блоков двигателей большой мощности из-за их высоких механических, трибологических свойств. Анализ известных публикаций по теме, показал, что на настоящий момент не установлена корреляция между названными свойствами, например, трибологическими и микроструктурой

Целью настоящей работы является изучение влияния количества графита на единицу площади на трение и износ двух марок высокопрочных чугунов.

Материалы и методы исследования. Химические составы изученных чугунов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Средний химический состав изученных чугунов (% по масс.)

Сплав	C	Si	Mn	P	Cr	Cu	W	Sn	Mg	Ce	Zn	La
1	4,4	2,25	0,34	0,03	0,03	2,12	0,03	0,1	0,02	0,03	0,12	0,02
2	4,5	2,26	0,34	0,02	0,05	2,16	0,12	0,1	0,04	0,08	0,1	0,03

На рис. 1 представлена микроструктуры сплавов.



Сплав 1



Сплав 2

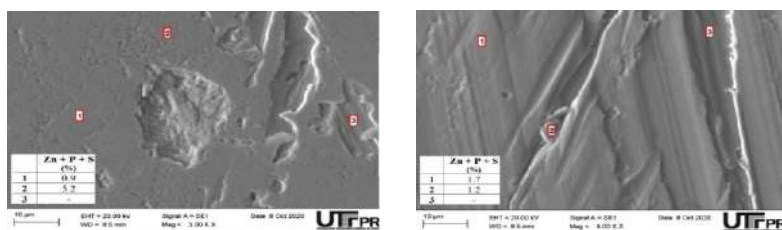
Рис. 1. Микроструктура исследованных высокопрочных чугунов по табл. 1

Металлическая матрица состоит из перлита. Наблюдали небольшое количество феррита (светлые участки на микроструктуре).

Микротвердость матрицы измеряли по Виккерсу (нагрузка 100 г) и методом наноиндентирования (нагрузка 450 мН). Оба метода дали похожие значения. Твердость по Бринеллю показала более высокое значение у сплава 2 по сравнению со сплавом 1.

Измерение количества графита на единицу площади для трибологических свойств высокопрочных чугунов в испытаниях со смазкой проводили по методике [1].

Результаты и их обсуждение. На рис. 2 представлены результаты локального химического анализа участков образцов высокопрочных чугунов, полученных методом измерения ЭДС изношенных поверхностей.



Сплав 1

Сплав 2

Рис. 2. Результаты изучения поверхности образцов методами СЭМ

Изношенные поверхности наблюдали с помощью изображений, полученных СЭМ для обнаружения присутствия фосфора, серы и цинка. С суммой процентного содержания элементов, показанной на рис. 2, легче проверить, что образование трибопленки было более интенсивным для сплава 1, что связано с более высоким уровнем деформации, произошедшей в этом материале.

Оценка шероховатости поверхности до и после трибоиспытаний, их изменение показано кривыми распределения (рис. 3).

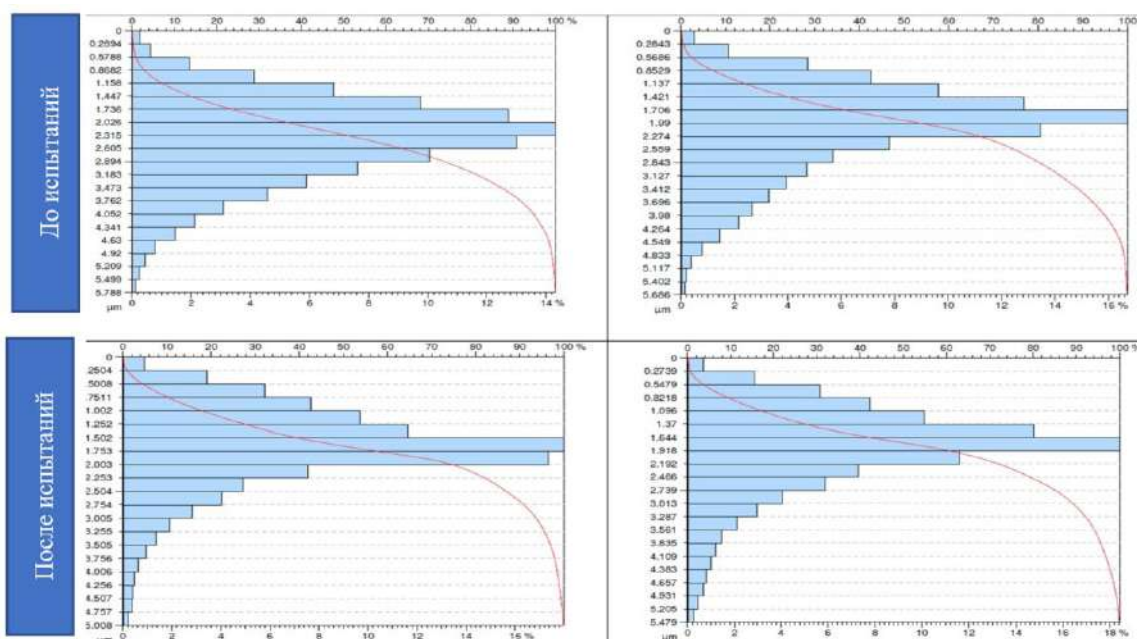


Рис. 3. Сравнение кривых распределения высоты до и после трибоиспытаний

Эти кривые являются репрезентативными, иллюстрирующими поведение независимо от среднего и стандартного отклонения.

Снимки СЭМ подтвердили выравнивание поверхностей, и можно убедиться, что сплав 1 показал большую деформацию (рис. 4).

Пластическая деформация изношенных поверхностей выявляется на поперечных изображениях средних ударов (рис. 5). Более интенсивные повреждения подтверждены для чугуна 1 по сравнению с 2. Также можно увидеть трещины, зарождающиеся в подповерхностных графитах по направлению к поверхности.

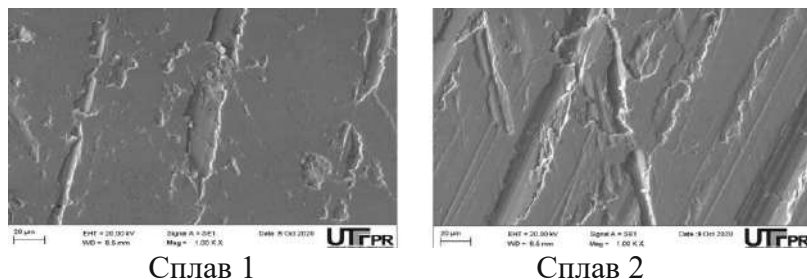


Рис. 4. Обработанные поверхности высокопрочных чугунов после трибоиспытаний

Поведение трения представляет собой комбинацию множества взаимодействий между трибоэлементами. Авторами предложены три аспекта трения, чтобы объяснить компенсирующий эффект, который привел к схожим значениям: пластическая деформация, выброс графитов и образование трибопленки.

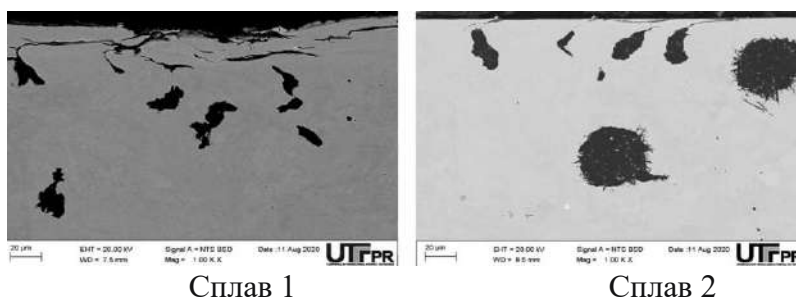


Рис. 5. Поперечные сечения изношенных поверхностей высокопрочных чугунов.

Уровень пластической деформации и возможный выброс графитов играют решающую роль в определении трения. На рис.5 можно видеть, что чем больше деформация, тем больше выброс графитов. Таким образом, существует компенсирующий эффект между деформацией и наличием графитов в области контакта.

Выводы. Результаты коэффициента трения, полученные после четырех часов испытаний, были одинаковыми для обеих марок чугуна. Поведение трения определено компенсирующим эффектом между пластической деформацией и выбросом графита. Уменьшение количества графита на единицу площади снизило износ.

Литература:

1. Guesser W, Schroeder T, Dawson S. Production experience with compacted graphite iron automotive components. *AFS Trans.* 2001;109:1-11.
2. Vale JL, Guesser WL, Silva CH, Pintaúde G. Evaluation of friction coefficient of lamellar and compacted graphite irons in lubricated ring-on-cylinder system. Warrendale: Society of Automotive Engineers; 2018. (SAE Technical Paper; no. 2018-36-0058).
3. Ghasemi R, Hassan I, Ghorbani A, Dioszegi A. Austempered compacted graphite iron: influence of austempering temperature and time on microstructural and mechanical properties. *Materials Science and Engineering A.* 2019;767:138434.

УДК: 669.131.2

Жумаев А.А. (Навои, НГГ и ТУ, Узбекистан)
Мансуров Ю.Н. (Ташкент, ТГТрУ, Узбекистан)
Квон С.С. (Караганда, КарГТУ, Казахстан)
Куликов В.Ю. (Караганда, КарГТУ, Казахстан)
Нусратуллаев А.А. (Навои, НГГ и ТУ, Узбекистан)

ВЛИЯНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Современное машиностроение, особенно в отраслях тяжёлого машиностроения, горнодобывающей и цементной промышленности, предъявляет всё более жёсткие требования к применяемым конструкционным материалам. Эти требования касаются не только традиционных прочностных характеристик, таких как временное сопротивление разрыву, предел текучести и модуль упругости, но и специфических эксплуатационных параметров — износостойкости, жаростойкости и коррозионной стойкости. Именно указанные свойства играют решающую роль в обеспечении длительного и надёжного функционирования деталей в агрессивных условиях эксплуатации, включая воздействие высоких температур, абразивного и ударного износа, а также химически активных сред [1-2].

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эксплуатационных характеристик износостойких чугунов является применение литейных холодильников (металлических охлаждающих вставок), способствующих направленному интенсивному теплоотводу в процессе кристаллизации. В отличие от традиционного литья в песчаные формы, такая технология позволяет существенно ускорить охлаждение расплава, что влечёт за собой изменение механизмов структурообразования. Повышение градиента температур способствует измельчению эвтектической структуры, увеличению количества карбидных фаз и их равномерному распределению, а также формированию направленной структуры, благоприятной для сопротивления абразивному износу [3-5].

На рисунке 1 представлены микроструктуры чугуна марки 280Х29НЛ, полученные при литье в песчаную форму и с применением литейных холодильников. Анализ показал, что использование холодильников обеспечивает измельчение структурных компонентов в 1,5–2 раза, а также способствует более упорядоченному распределению карбидных фаз в эвтектической матрице. Такие структурные изменения непосредственно отражаются на увеличении твёрдости, ударной вязкости и, как следствие, на повышении износостойкости материала в условиях реальной эксплуатации.

Таким образом, применение литейных холодильников представляет собой эффективный способ целенаправленного управления процессами кристаллизации и формирования структуры высокохромистых чугунов, обеспечивая улучшенные механические и эксплуатационные свойства отливок без значительного увеличения себестоимости продукции.

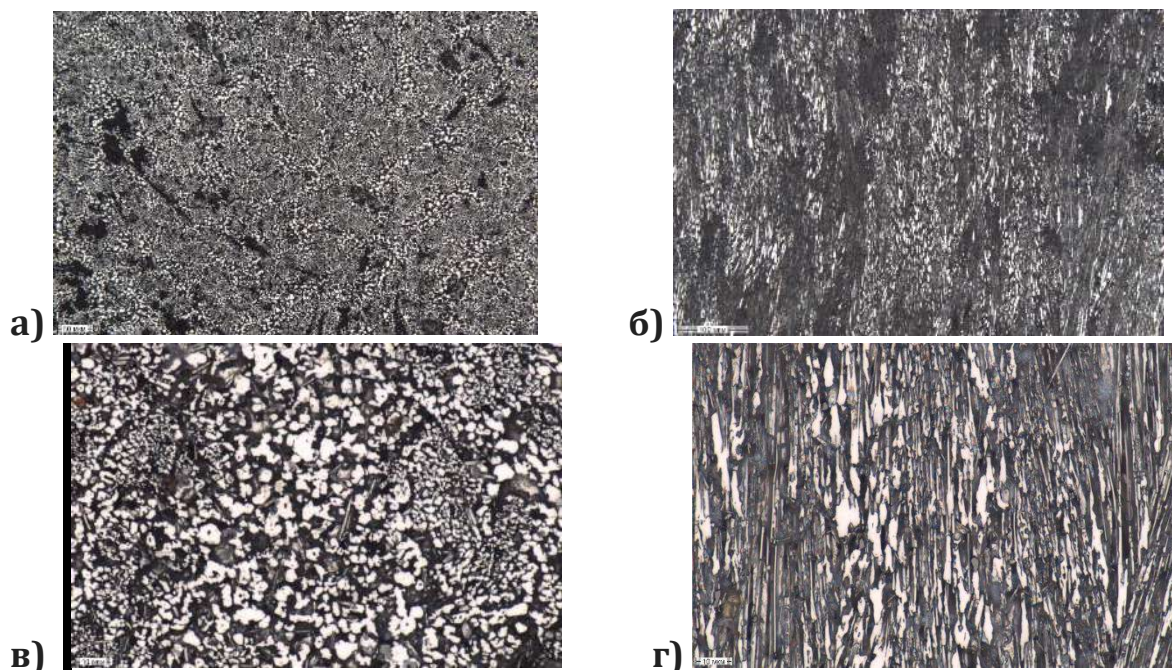


Рис . 1 . Структура чугуна 330X17Л:

а – литье в земляную форму $\times 200$; б – литье с применением литейных холодильников $\times 200$.

в – литье в земляную форму $\times 1000$; г – литье с применением литейных холодильников $\times 1000$.

Результаты проведённых испытаний подтвердили высокую эффективность применения литейных холодильников при формировании литых заготовок из высокохромистых износостойких чугунов. Установлено, что использование холодильников позволяет достичь увеличения износостойкости материала на 18–20%, а твёрдость достигает уровня 55 HRC, что значительно превышает показатели аналогичных образцов, отлитых в традиционные песчаные формы. Такое улучшение свойств объясняется ускорением скорости теплоотвода и формированием более мелкой и равномерно ориентированной микроструктуры с повышенной долей карбидной фазы.

Вместе с тем, дальнейшее совершенствование эксплуатационных характеристик изделий возможно за счёт комплексной оптимизации параметров литейного процесса. В частности, доказано, что температура заливаемого расплава и скорость заполнения формы играют ключевую роль в управлении процессами кристаллизации и формировании структуры отливки. Повышение температуры перегрева способствует улучшению текучести расплава, но может привести к укрупнению структуры при

замедленном охлаждении. Напротив, оптимально выбранная температура в сочетании с высокой скоростью заливки способствует формированию мелкодисперсной структуры с повышенной износостойкостью.

В качестве модельного примера были исследованы литые изделия типа «питающий диск», эксплуатируемые в условиях интенсивного абразивного износа. Проведённый комплекс структурных и механических испытаний подтвердил, что регулирование ключевых параметров литейного процесса в сочетании с применением холодильников позволяет добиться значительного повышения надёжности и ресурса литых деталей без увеличения содержания дорогостоящих легирующих элементов.

Таким образом, эффективное управление условиями затвердевания с использованием литейных холодильников и адаптация технологических режимов заливки представляют собой перспективное направление для получения износостойких чугунов с улучшенными эксплуатационными характеристиками при производстве нагруженных узлов машин и оборудования.

Лабораторные исследования показали, что легирование чугуна хромом значительно повышает его износостойкость, тогда как добавление никеля не дало существенного эффекта. При литье хромистого чугуна наблюдаются потери хрома до 40 % и низкая жидкотекучесть. Производственные испытания на руднике «ЦКВЗ» НГМК подтвердили, что применение литейных холодильников и увеличение времени заливки повышают износостойкость питающих дисков из чугуна 330Х17Л в 1,2 раза по сравнению с отливками в земляную форму.

Список использованных источников

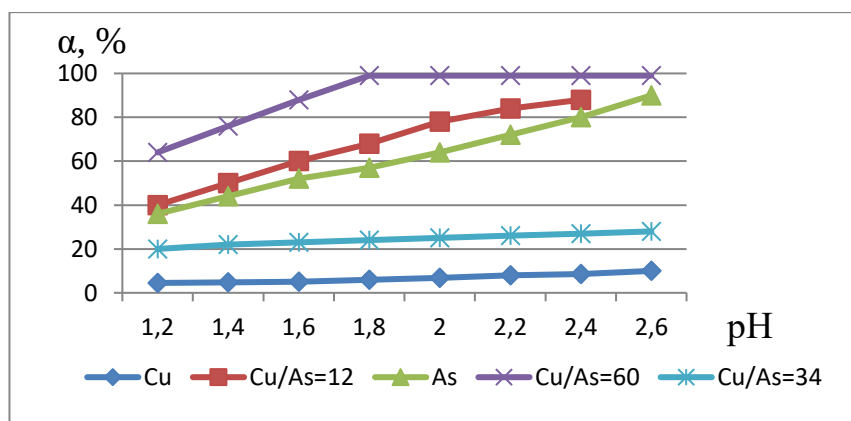
1. *Исагулов А.З., Квон С.С., Куликов В.Ю. Повышение износостойкости элементов горно-обогатительного оборудования // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. №6. – С. 609–613.*
2. *А. А. Жумаев, Ю. Н. Мансуров, Дж. Дж. Маматкулов, К. С. Абдуллаев. Фазовые превращения в сплавах железа с углеродом, легированных редкоземельными и переходными металлами. // Черные металлы, № 11 (1067). 2020. – С.22 – 29.*
3. *Kvon S.S., Kulikov V.Y., Shcherbakova Y.P., Arinnova S.K. Effect of inoculant introducing on improving ingot structure // Metalurgija (Zagreb, Croatia). 2019. T. 58. №3–4. – С. 315–318.*
4. *А. А. Жумаев, Ю. Н. Мансуров, В.Ю. Куликов., Х.И. Ахмедов. Легирование чугунов марок 280Х29НЛ и 330Х17Л с целью повышения их качества. // Черные металлы, № 2 (1094). 2023. – С.4 – 9.*
5. *А. А. Жумаев, К.Э. Барановский, Ю. Н. Мансуров. Анализ микроструктуры износостойких хромистого чугунов после термической обработки. // Научно-технический и производственный журнал “Литье и Металлургия”. -Минск, 2021. -№ 1. -С. 142-148.*

ТҮСТІ МЕТАЛЛУРГИЯ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН МЫШЬЯКТЫ ТҰНДЫРУ

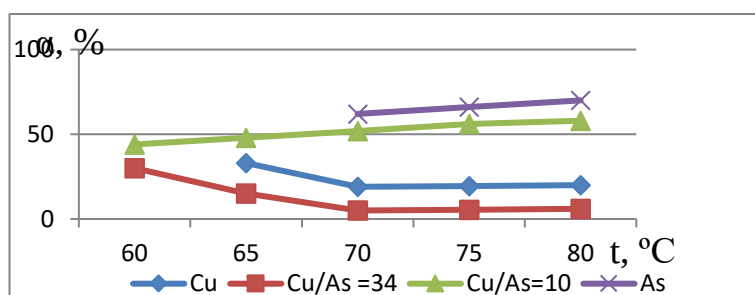
Мысты электролиттік тазарту ерітінділерін қоспалардан бірінші кезекте мышьяктан дәстүрлі тазарту электролиттің бір бөлігін алып тастауды, мыс түйіршіктерімен бейтараптандыруды және мыс сульфатын алуды көздейді [1,2].

Cu/As қатынасы мен рН шамасының жоғарылауымен мыс арсенаты түріндегі мышьяқтың (V) тұндыру дәрежесі артады.

Осыған байланысты мышьяк пен мыстың тұндыру дәрежесінің бастапқы РН мәніне (1-сурет) және температураға (2-сурет) тәуелділігі зерттелді.



1-сурет-мышьяк пен мыстың тұндыру дәрежесінің бастапқы рН мәніне тәуелділігі



2-сурет-мышьяк пен мыстың тұндыру дәрежесінің температураға тәуелділігі

Ерітіндінің рН өзгерген кезде мыс арсенаттары түрінде мышьяк тұнбасы пайда болады және мыс мышьякпен тұнбаға түсетіндіктен, мысты арсенат торынанесыстыратын реагентті таңдау керек.

Мышьякты тұндыру үшін реагент ретінде темір (III) гидроксиді таңдалды.

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ қолдану мышьякты (V) ерітіндіден тұндырып қана қоймай, қатты фазада темір арсенаттарын қалыптастыру үшін қатты мыс арсенаттарынан мысты ерітіндіге айналдыруға мүмкіндік береді.



Темір (III), мышьяк (V) және мыс (II) қатты және сұйық фазалар арасында таралуы бойынша зерттеулер жүргізілді.

Кесте - темір (III), мышьяк (V) және мыс (II) қатты және сұйық фазалар арасында таралуы

Fe/As	T, °C	pH		As (V)		Cu (II)		Fe (III)	
		тәжірибеден кейін	тәжірибеге дейін	С	Қ	С	Қ	С	Қ
3/1	50	1,15	1,40	3,2	96,8	100	т.ж.	66,0	34,0
2/1	50	1,35	1,55	4,7	95,3	100	т.ж.	48,0	52,0
1/1	50	1,35	1,60	5,2	94,8	94,0	6,0	1,4	98,6
0,5/1	50	1,35	1,60	0,8	99,2	46,0	54,0	0,4	99,6
0,25/1	50	1,35	1,70	0,8	99,2	23,0	77,0	0,2	99,8
1/1	20	0,70	1,65	2,5	97,5	100	т.ж.	1,8	98,2
1/1	30	1,20	1,60	3,0	97,0	98,0	2,0	2,0	98,0
1/1	40	1,35	1,55	3,6	96,4	98,0	2,0	1,4	98,6

Осылайша, $\text{Fe}/\text{As} = 1$ молярлық қатынасында бастапқы рН 1,3-1,6 темір мен мышьяк толығымен қатты фазада, ал мыс ерітіндіге ауысатыны анықталды.

Осы мақала бойынша зерттеулер мақсатты қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде орындалды: О.1301 ҒТП "Минералдық және техногендік шикізатты өндіру мен кешенді өңдеудің инновациялық ресурс үнемдеуші технологияларын құру".

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Скопов Г. В. Вывод из оборота и отдельная переработка пыли электрофильтров плавки Ванюкова ОАО «Среднеуральский Медеплавильный Завод» / Г. В. Скопов, В. В. Беляев, А. В. Матвеев // Цветные металлы. - 2013. - №8. С. 55-59
2. Ruiz M.C. Mechanism of enargite pressure leaching in the presence of pyrite / M.C. Ruiz, M.V. Vera, R. Padilla // Hydrometallurgy. - 2011. - Vol. 105, - P. 290-295.

OVERVIEW OF MAN-MADE RAW MATERIALS FOR SMELTING CHROMIUM-MANGANESE-SILICON FERROALLOY

Kazakhstan uses chromium-containing mineral raw materials, which is one of the richest and highest quality raw materials in the world. The involvement of other Chromium-containing raw materials, including man-made waste, in metallurgical production can contribute to a decrease in the carbon content, reduce the cost of the final product and solve the problems of industrial waste disposal, the possibility of obtaining new constituent alloys. In addition, it helps to reduce the degree of depletion of the ores used, which has an undoubted advantage in the case of their continuous production and use in production.

At the same time, it is not necessary to use only one type of chromium raw material, since the combination of different types in different proportions and different types allows you to obtain new qualities of raw materials, compensating for some shortcomings (for example, the difficulty of enriching dispersed waste, the need to grind ores). Although the enrichment method is an additional operation, its use affects the cost of finished products, however, it allows you to effectively dispose of various wastes [1].

The production capabilities of «TNC Kazchrome» JSC (ferrochrome is produced at Aktobe and Aksu ferroalloy plants) make it possible to produce a wide range of different grades of ferrochrome. Therefore, to dwell on the small particles of ferrochrome, which can be used as domestic man-made raw materials for the production of chromium-containing ferroalloys, it is worth dwelling on the chemical composition given in Table 1 [2].

Table 1. Chemical composition of high-carbon ferrochrome according to GOST 4757-91, % [2]

Cr	C	Si	S	P	Fe
45 – 75	4 – 10	≤ 10	$\leq 0,10$	$\leq 0,03$	the others

In the process of ferrochrome smelting in ferroalloy plants, several types of solid waste are formed in the form of dry and wet gas cleaners and slags, dust/filter Keck. The volume of dust formation varies between 5-10% of the volume of ore material supply, depending on the type of process, metal smelting technology, smelting and gas cleaning equipment. The resulting ferrochrome slags were sent for crushing, metallization and classification, which made it possible to obtain from them a demanded product – construction crushed stone

(shcheben). Today, dust and filter Revenge of gas purifiers of ferroalloy furnaces are removed by burying the main materials or mixing raw materials, which, in turn, leads to a decrease in technical and economic indicators of metal smelting and a violation of the technological process.

The mentioned chromium dust can be involved in metallurgical processing to solve the recycling problem. It can be said that they do not contain a significant amount of harmful impurities, and the main problem of use is the need for careful agglomeration.

Chromium dust or chromium spinel powder is found dispersed. It is usually in the form of a fine powder, which is formed in the production of ferroalloys containing chromium. This powder consists of small particles of chromium spinel, the main chromium-containing mineral. The chemical composition of the includes oxides of chromium, magnesium, aluminum, iron and other elements. This by-product is classified and divided into several brands. They are formed and collected in cyclones (dust collectors), electrofilters and bag filters of gas treatment plants equipped with smelting furnaces producing ferrochrome [3].

The standard ST RK 3356-2019 [3] states that chrome spinel powder is intended for the preparation of products in refractory, metallurgical, chemical and other industries. Taking into account the average chemical composition of the chrome spinel powder, shown in Table 2, it shows that this product will be valuable for obtaining a chromium-manganese-silicon ferroalloy from it.

Table 2. Chemical composition of chromium spinel powder, % [3]

Cr ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	C
15 – 50	10 – 25	5 – 20	0,8 – 25	< 10

As you can see from Table 2, chromium spinel powder has a mass fraction of Cr₂O₃ of 15-50%, which makes it a suitable raw material for smelting chromium-manganese-silicon ferroalloy. The higher the chromium content, the more effective this material is as a source of chromium in metallurgical processes.

References

1. Savelyev D.E., Makatov D.K., Portnov V.S., Gataullin R.A. Morphology and textural and structural features of chromitite deposits in the Main ore field of the Kempirsai massif (Southern Urals, Kazakhstan) // *Georesources*. -2022. 24(1). –pp. 62-73. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.1.6>
2. GOST 4757-91. Ferrochrome. "Technical requirements and terms of delivery". – 1993
3. ST RK 3356-2019. Chromospinelny powder; Technical specifications. – 2021

БОР ҚОСЫЛҒАН МОДИФИКАТОРЛАРДЫҢ ЖОҒАРЫ БЕРІКТІГІ БАР ШОЙЫН ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Жоғары беріктігі бар шойындар қазіргі металлургиялық технологиялардың маңызды бөлігіне айналып, автомобиль, құрылыс, тау-кен және машина жасау салаларында кеңінен қолданылады. Соңғы жылдары құрамында бор бар модификаторлармен өңделген шойындарға қызығушылық артты, өйткені олар механикалық қасиеттерді, беріктікті және тозуға төзімділікті жақсартады [1]. Бұл үрдіс Қазақстан металлургиясы үшін де өзекті, себебі инфрақұрылым мен өнеркәсіптің дамуы мұндай материалдарға сұранысты күшейтіп отыр. Қазақстанда шойынның әртүрлі түрлері өндірісте кең қолданылады. Перспективалы бағыттардың бірі - жоғары қысу және иілу беріктігіне, сондай-ақ жақсы тозуға төзімділікке ие шойындарды жасау. Мұндай қасиеттерге құрамында бор бар модификаторларды, мысалы, ферроборды қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Бор шойынның кристалдық құрылымын жетілдіріп, оның беріктігі мен сенімділігін арттырады.

Әлемдік тәжірибе мен Қазақстан мысалдары көрсеткендей, бор қосымшалары перспективалы бағыт болып табылады [2]. Дегенмен, бұл тәсілді технологиялық және экономикалық тұрғыдан тереңірек зерттеу қажет. Бұл мақалада бор модификаторларының әсері, олардың қолданылуы және Қазақстанда жүргізілген табысты тәжірибелер қарастырылады.

Шойын, болат, алюминий және басқа металдар үшін әртүрлі модификаторлар қолданылады. Мәселен, шойын үшін ең тиімдісі – магний, ол сфероидты графитпен жоғары беріктікті қамтамасыз етеді. Сондай-ақ кальций, стронций және басқа элементтер пайдаланылады. Алайда бұл модификаторлар пиррофорлылығы немесе ұшқыштығы себебінен қолдануда қиындық туғызады және арнайы жабдықты қажет етеді. Жаңа модификаторды таңдауда оның әмбебаптығы, отандық өндіріс мүмкіндіктері және артық шығындарды болдырмау ескерілді. Осы талаптарға ферросиликобор (Fe-Si-B) сәйкес келеді. Ол рельстердің тозуға, коррозияға төзімділігін арттырып, болат сапасын жақсартады.

Зерттеу үшін термодинамикалық модельдеу әдісі таңдалып, TERRA бағдарламасы қолданылды. Есептеулер 500-3000 К аралығындағы температура мен 0,1 МПа қысымда жүргізілді. Fe мен C өзара әрекеттесуі нәтижесінде цементит (Fe_3C) түзіледі [3]. Алайда, цементиттің сынғыштығы себебінен оның мөлшері шектеледі. Көміртегі төмендеген сайын

құрылымда темір үлесі артады, бұл қажетті технологиялық қасиеттерді қамтамасыз етеді. 2,14%-дан төмен көміртегі - болаттың пайда болуына әкеледі. Fe-Si-B жүйесінде бордың 2-3% мөлшері модификация тиімділігін арттырады. Мұндай қорытпалар ферросилиций пештерінде борат кенін қосу арқылы оңай алынады. Бұл жүйенің артықшылықтары: жоғары белсенділік, бор енгізудің қарапайымдылығы, төмен өзіндік құн.

Fe-Si-B қорытпалары үшін балку температурасы, тығыздығы және жылу эффектілері анықталды. Бордың мөлшері артқан сайын тығыздық азайып, балку температурасы жоғарылайды. 45% Si негізіндегі қорытпалар жақсы ериді және бордың 1-2% қоспасы бар ФСБ45/1 ең тиімді болып шықты. Жылу эффектілері бойынша бор мөлшерінің артуы болаттың температурасының төмендеуіне ықпал етеді. Ферросиликобор тотығуы салыстырмалы түрде төмен ($0,5-3 \text{ мг/см}^2$), ал ферроборда жоғары ($\approx 13 \text{ мг/см}^2$). Бұл бордың сіңу дәрежесіне әсер етеді.

Сұр шойынның (СШ) химиялық құрамы МЕСТ 1412-85 бойынша реттеледі. Зертханада пайдаланылған табиғи шойын 3,6% C, 2,2% Si, 0,65% Mn және 93,34% Fe құрады. Бор шойынның кристалдануына, дән құрылымына және тотықсыздануына әсер етеді. Сонымен қатар, бор микролегірлеу арқылы басқа қымбат элементтердің (Cr, Mn, Ni) мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді. Алайда, 0,03% асқан жағдайда бор шойынды морт етеді. Ал 0,001–0,005% деңгейде сфероидты графит түзілуін жақсартады. Тәжірибеде қолданылған ферробор құрамында 13,5% B болды. Құймада бордың 0,001-0,009% аралығындағы мөлшерінің әсері зерттелді. Нәтижесінде бор қысу беріктігін және пластикалық ұзаруды арттырса, қаттылық пен созылу беріктігін төмендетті. Бұл әсерді арнайы модификаторлармен реттеуге болады. Жоғары беріктігі бар шойындар өндірісінде бор қосу тиімді тәсілдердің бірі болып табылады. Бор шойынның құрылымын жақсартып, механикалық қасиеттерін, беріктігін арттырады. Әсіресе, бор ферроқорытпалары (Fe-Si-B жүйесі) шойынның балку температурасын және термодинамикалық қасиеттерін оңтайландырады, бұл металлургиялық процестерді жеңілдетеді.

Қазақстанда жүргізілген зерттеулер бордың шойынға әсерін тәжірибе жүзінде дәлелдеді. Бордың мөлшерін 0,001-0,005% аралығында сақтай отырып, шойынның беріктігі мен пластикалық қасиеттерін арттыруға болады. Сонымен қатар, бор шойындағы басқа легирлеуші элементтердің мөлшерін азайтып, экономикалық тиімділікті арттырады. Қорыта айтқанда, бор модификаторларын қолдану Қазақстанның металлургия саласында жоғары тиімділікке ие болар еді, бірақ оның экономикалық тұрғыдан тиімділігін зерттеу мен өндіріске енгізу маңызды⁷

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Кузнецов А.Л. Бор в чугунах: Механизмы упрочнения. Машиностроение, 2019.

2. Шевченко, В. И., Фролова, Н. А. Модификация чугуна и стали. - Караганда:

Издательство КМК, 2018

3. Смит Дж., Браун К. Влияние борсодержащих модификаторов на свойства чугуна //

Журнал материаловедения и инженерии. - 2019. -Том 12(3). - С. 112-120.

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ РОЛИКТЕР ДАЙЫНДАУДА 40ХНЗМФ МАРКАЛЫ БОЛАТТЫ ПЕШТЕН ТЫС КЕШЕНДІ ӨНДЕУ

Балқыту, илемдеу және термиялық өңдеу сияқты металлургияның әртүрлі процестерінде қолданылатын металлургиялық пештер экстремалды температурада жұмыс істейді, сонымен қатар механикалық және химиялық жүктемелерге ұшырайды. Бұл пештердің тұрақтылығы мен беріктігі олар жасалған материалдардың сапасына, сондай-ақ оларды өңдеу технологиясына тікелей байланысты. Соңғы онжылдықтарда пеш компоненттерінің пайдалану сипаттамаларын арттыру әдістерін жасауға ерекше назар аударылды. Ең перспективалы бағыттардың бірі – пештен тыс кешенді өңдеу. Бұл материалдардың беріктігін, ыстыққа төзімділігін және коррозиялық қасиеттерін едәуір жақсартуға мүмкіндік береді. Яғни пештердің қызмет ету мерзімін ұзартуға және металлургиялық процестердің тиімділігін арттыруға көмектеседі.

Кешенді пештен тыс өңдеу арқылы өнімділігі жоғары металлургиялық пештердің роликтерін өндіруді зерттеу жоғары температура мен механикалық жүктемелер жағдайында олардың беріктігі мен жұмыс тиімділігін жақсартудың маңызды кезеңі болып табылады. Роликтердің жоғары өнімділігіне қол жеткізу үшін материалдарды өңдеудің әртүрлі әдістері қолданылады, бұл олардың тозуға төзімділігін, ыстыққа төзімділігін, сондай-ақ механикалық зақымға төзімділігін едәуір жақсарты алады. Бұл тәсілдің негізгі аспектілерін қарастырайық.

1. Роликтер жасау үшін материалды таңдау

Металлургиялық пештердің роликтерін жасау үшін жоғары марганецті болаттар жиі қолданылады, олар жақсы тозуға және жоғары температураға төзімділікке ие. Дегенмен, материалдың өнімділігін арттыру үшін пештен тыс өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдануға болады.

2. Кешенді пештен тыс өңдеу

Кешенді пештен тыс өңдеу материалдың және әсіресе роликтердің қасиеттерін айтарлықтай жақсарты алатын бірнеше процестерді қамтиды. Ол әр әдістің материалдың қаттылығына, тозуға төзімділігіне, коррозияға төзімділігіне, ыстыққа төзімділігіне және тұтқырлығына қалай әсер ететінін көрсетеді.

Жүргізілген мониторинг және ақпараттық талдау негізінде зерттеу объектісі ретінде 40ХНЗМФ типті болаттар таңдалды. Бұл типтегі маркалар ҚР зауыттарында металлургиялық жабдықтың әртүрлі бөлшектерін –

конвейер таспаларының іліністерін, себеттерді, бекіту арматурасының элементтерін, сондай-ақ пеш роликтерін өндіру үшін кеңінен қолданылады.

Болаттың бұл маркасы күрделі легіріленген, өйткені оның құрамында әр түрлі сипаттағы легирленген элементтер бар. Болат беріктік пен тұтқырлық қасиеттерінің бірегей кешеніне ие, бұл оны жауапты бөліктерді өндіру үшін перспективалы материалдарға айналдырады.

Кесте 1

40ХН3МФ маркалы болаттың химиялық құрамы (МЕСТ 4543-2016)

Негізгі элементтердің мөлшері, %					Механикалық қасиеттері		
C	Mn	Cr	Ni	Қалғаны	σ_B , МПа	δ , %	KCU, Дж/см ²
0,33- 0,40	0,3-0,8	1,2-1,5	3,0- 3,5	0,35-0,45 Mo 0,18	880	≥ 10	≥ 59

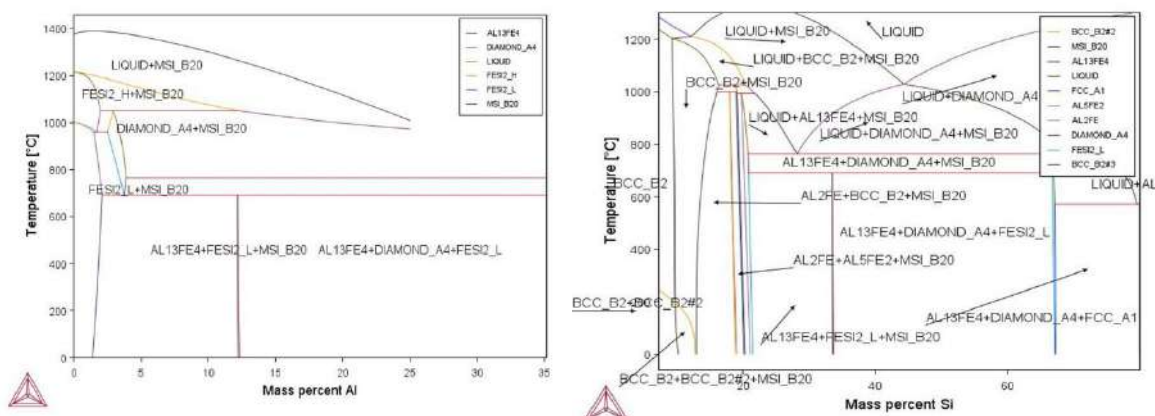
Эксперименттік зерттеулер жүргізу және болаттың оңтайлы құрамын анықтау үшін Thermo-Calc бағдарламалық кешенін қолдана отырып талдау жасалды. Алынған нәтижелер фазалық түрлендірулерді, термодинамикалық сипаттамаларды және легирлеуші элементтердің қорытпа қасиеттеріне әсерін егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік берді.

Fe-Si-Al лигатурасындағы фазалық түрлендірулер Thermo-Calc бағдарламалық кешені арқылы зерттеліп, берілген үштік жүйе үшін политемиялық кесінділер салынды. Айнымалы параметрлер ретінде 45% диапазондағы кремний мен 15% алюминий қарастырылды.

Fe-45Si-15Al қорытпаларына арналған политемиялық кесулердің мысалы 1-суретте келтірілген. Диаграмма талдауы Fe-Si-Al қорытпасының кристалдануы кремний мен FeSi₂ интерметаллид кристалдарын (49-50% Si диапазонында) қамтитын қос эвтектиканың сұйық фазасынан оқшауланудан басталатынын көрсетеді.

Зерттеу барысында металлургиялық роликтерді дайындау технологиясы және қолданылатын материалдардың қасиеттерін жақсарту әдістері туралы әдеби шолу жасалды. Әр түрлі тәсілдерді салыстырмалы талдау негізінде роликтердің өнімділігін арттырудың ең тиімді стратегиясы анықталды.

Ең жақсы нұсқа ферросиликоалюминий (FeSiAl) және марганец (FeMn) қосылған 40ХН3МФ болатты шөміштен тыс өңдеу деп танылды. Бұл әдіс тотықсыздандыру, құрылымды өзгерту, химиялық құрамды тұрақтандыру және механикалық өнімділікті арттыру арқылы Болаттың сапасын едәуір жақсартуға мүмкіндік береді.



Сурет 1 – Fe-Si-Al қорытпасының диаграмма талдауы

FeSiAl-ді негізгі тотықсыздандырғыш ретінде таңдау оның қорытпаның қажетсіз тотығуын болдырмай, оттегін тиімді байланыстыру қабілетіне байланысты. FeSiAl кешенді құрамы (құрамында 5-15% алюминий және 20-50% кремний бар) жоғары тотықсыздандыру дәрежесін және болат құрылымын жақсартуды қамтамасыз етеді. Марганецті (FeMn) қосу қорытпаның соққыға төзімділігін, кальцинациясын және ыстыққа төзімділігін арттыруға көмектеседі, сонымен қатар термиялық цикл кезінде жарықтар пайда болу қаупін азайтады.

Таңдалған өңдеу әдісін қолдану жоғары температура, қарқынды механикалық жүктемелер және абразивті тозу жағдайында жұмыс істейтін металлургиялық роликтердің пайдалану ресурсын арттыруға ықпал етеді. Әрі қарайғы зерттеулерде пештен тыс өңдеу режимдерінің Болаттың сипаттамаларына әсерін егжей-тегжейлі зерттеу, сондай-ақ нақты пайдалануға жақын жағдайларда алынған материалға эксперименттік сынақтар жүргізу жоспарлануда.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Лихолобов Е.Ю. Повышение качества отливок из высокомарганцевой стали совершенствованием процесса её плавки и внепечной обработки. – Москва, 2012. – С. 3-4
2. Затуловский С.С. Суспензионное литье. – Киев: Наукова Думка, 1989. – С. 260
3. D.O. Morton, M.D. Bryant Inoculation techniques for cast iron // British Foundryman 1979, p.183 – 186.
4. Григоренко Г.М., Костин В.А. Головки В.В. и др. Влияние нанопорошковых инокуляторов на структуру и свойства литого металла высокопрочных низколегированных сталей // Общие вопросы металлургии, 2015, № 2, С. 32 – 41.
5. Петрова В.Ф. Исследование влияния инокуляторов на структурные параметры литого металла и служебные свойства кованных изделий тяжелого машиностроения Дисс., 2006г. Волгоград.
6. J.N. Harvey, G.A. Noble Inoculation of cast irons // 55th Indian Foundry Congress, 2007.
7. T. Scaland Inoculation, solidification stydied // Modern Casting, 2001, № 6, p. 158-160.

ШАЛКИЯ КЕН ОРНЫНДАҒЫ ҚИЫН БАЙЫТЫЛАТЫН ҚОРҒАСЫН- МЫРЫШ КЕНДЕРІН ӨНДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Ферросилиций – қара металлургияда кеңінен қолданылатын маңызды ферроқорытпа. Ол негізінен болат өндірісінде раскислдеуші және легирлеуші қоспа ретінде, сондай-ақ басқа ферроқорытпаларды алуда қалпына келтіруші ретінде пайдаланылады. Электр пештерінде ферросилицийдің құрамындағы кремний мөлшеріне қарай түрлі маркалары (ФС20–ФС92) өндірістік көлемде алынады. Атап айтқанда, ФС20 маркасында кремний мөлшері 19–23% болса, ФС92 маркасында 92–95% аралығында болады.

Шалкия кен орны Қазақстандағы ірі кен орындарының бірі болып табылады және елдің мырыш ресурстарының шамамен 30 %-ын құрайды. Ол Қызылорда облысының аумағында орналасқан және жоғары сапалы қорғасын-мырыш рудаларымен ерекшеленеді. Геологиялық зерттеулер нәтижесінде бұл кен орнында құрамында темір, мырыш, қорғасын және басқа да пайдалы элементтер бар кешенді минералдық құрам анықталған.

Қорғасын мен мырыш рудалары — түсті металлургияда кеңінен қолданылатын стратегиялық маңызы бар шикізат түрлері. Әсіресе, құрамында ілеспе элементтер (мысалы, темір мен кремний) бар кендер кешенді өңдеуді талап етеді. Осындай рудаларды ұтымды пайдалану — еліміздің минералдық-шикізат базасын тиімді игерудің негізгі жолдарының бірі болып саналады.

Жерасты тәсілімен игерілетін кен қоры 127,46 млн тоннаны құрайды, орташа қорғасын мөлшері – 1,31 %, мырыш – 4,27 %. Шалкия кен орнының кендері салыстырмалы түрде қарапайым минералдық құрамға ие болғанымен, минералдардың – галениттің, сфалериттің және пириттің өте ұсақ (0–20 мкм) мөлшерде таралуы, олардың бір-бірімен және жыныс түзуші минералдармен тығыз өсіп-өрілуі, көміртекті ультұнтақ заттардың (5 % C-ке дейін) болуы, сонымен қатар оңай ұнталанатын кальцит минералдарының және қиын ұнталанатын кремнийленген доломиттердің (50 % SiO_2 -ге дейін) қатар кездесуі бұл кендерді қиын байытылатын ретінде сипаттайды [1].

Металлургия саласындағы қазіргі тенденция – минералдық-шикізат ресурстарын барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін ресурсты үнемдеуші технологияларды әзірлеу және енгізу. Осыған байланысты

Шалкия кен орны сияқты қиын байытылатын кендерді өндеудің жаңа тәсілдерін іздеу және игеру қажеттілігі туындайды.

Шалкия кенін өндеудің заманауи әдістері:

Зерттеулер аясында [1] авторлар Шалкия кен орнының ұсатылған кенін ауыр суспензияларда гравитациялық алдын ала байыту мүмкіндігін зерттеді. Бөлшек ірілігі 50–8 мм класты тығыздығы 2720 кг/м^3 ортада бөлу кезінде кен массасының 18,8 %-ын құрайтын жеңіл фракцияны бөліп алуға болатыны анықталды. Осы фракциямен бірге флотация процесіне теріс әсер ететін кварцтың 26,15 %-ы, кальций оксидінің 12,41 %-ы және көміртекті заттардың 11,95 %-ы жойылады. Бұл кезде мырыш пен қорғасынның шығыны 10 %-дан аспайды.

Аталған әдіс ұнтақтау және флотациялық жабдыққа түсетін жүктемені едәуір азайтуға, сондай-ақ кейінгі өндеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, патент авторлары [2] бастапқы кен құрамдастарын ұнтақтау және сульфгидрильді жинағыштарды қолдана отырып сульфидті минералдарды ұжымдық флотациялау арқылы полиметалдық кендерді байыту әдісін ұсынған. Бұл тәсіл сульфидті және бейсульфидті минералдарды тиімді ажыратуға, құнды металдарды алу дәрежесін арттыруға және алынатын концентрат сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Еңбекте «АСТРА-4» бағдарламалық кешенінде Zn, Pb, Fe және Si-дің көпкомпонентті жүйелерден термодинамикалық модельдеу арқылы тотықсыздануын негізге ала отырып, қиын байытылатын кендерді электротермиялық балқыту әдісі ұсынылған [3]. Қысымды $0,01 \text{ МПа}$ -ға дейін төмендету және тотықсыздандырғыштың артық мөлшері жағдайында қорғасын мен мырыш 1800 К -ден төмен температурада толықтай газ фазасына өтеді, ал кремний мен темір $2500\text{--}3000 \text{ К}$ температурасында тотықсызданады.

ТОО «НПФ Казхиминвест» кәсіпорнында жүргізілген тәжірибелік-өндірістік сынақтар нәтижесінде мырыш пен қорғасынның 99,9 %-ға дейінгі мөлшері ұшпа түрінде алынумен қатар, ФС-25 және ФС-45 маркалы ферроқорытпа өндірілгені расталды.

Зерттеушілер коксты, магнетит концентратын (сульфидтерге тотықтырғыш) және болат жаңқасын (темір көзі) пайдалана отырып, сульфидті кен мен қалдықтарды бірлесіп балқыту технологиясын ұсынды [4]. Зертханалық жағдайда доғалы пеште жүргізілген балқыту нәтижесінде қорытпаға кремнийдің 82,8 %-ға дейін алынуы қамтамасыз етілді, ал FeSi45 маркасындағы соңғы өнімдегі Si мөлшері 44,7 % құрады. Сонымен қатар, ұшпаларда Zn – 25,2 %, Pb – 11,7 % дейін шоғырланды, бұл бастапқы шихтадағы мөлшерден 9,4 есе жоғары.

Аталған екі әдіс дәстүрлі байыту тәсілдеріне жарамсыз кендерді тиімді өңдеуге, ферроқорытпалар мен түсті металдардың екінші өнімдерін алуға мүмкіндік береді.

Металлургиялық тәжірибеде сондай-ақ, тотықты шикізаттан металдарды 1400–1450 °С температурада кокс қатысында пирометаллургиялық тотықсыздандыру әдісі қолданылады. Бұл әдіспен Zn – 98,5 %, Pb – 97 % газ фазасына шығарылады, алайда темірдің алынуы тек 4–10 % шамасында, ал кремний мүлде тотықсызданбайды. Алынған өнім толыққанды ферроқорытпа болып табылмайды, бұл әдістің кешенділігі мен экономикалық тиімділігін шектейді [5].

Шалкия кен орнының қиын байытылатын қорғасын-мырыш кендерін өңдеудің заманауи әдістеріне жүргізілген салыстырмалы талдау пайдалы құрамдастарды кешенді түрде алу мен минералдық-шикізат базасын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін ең перспективалы технологиялық шешімдерді анықтауға мүмкіндік берді.

Флотациялық байыту алдындағы дайындық кезеңінде гравитациялық алдын ала байытуды қолдану орынды, ол зиянды қоспаларды тиімді жоюға, жабдыққа түсетін жүктемені азайтуға және бастапқы материалдың сапалық құрамын жақсартуға ықпал етеді.

Электротермиялық технологиялар қиын байытылатын кендерді кешенді өңдеуде жоғары тиімділік көрсетті – мырыш пен қорғасынның толықтай дерлік ұшпа түрінде алынуын және FeSi маркалы тауарлық ферроқорытпаларды өндіруді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, бұл технологиялар техногенді қалдықтар мен байыту қалдықтарын қайта өңдеуге тартуға мүмкіндік береді, бұл ресурсты үнемдеу және тұрақты даму қағидаттарына сәйкес келеді.

Осылайша, гравитациялық алдын ала байыту мен кейінгі электротермиялық өңдеуді үйлестіру – түсті және қара металдарды алуды арттырудың, қоршаған ортаға кері әсерді азайтудың және Шалкия кен орнының қиын байытылатын кендерін өңдеудің экономикалық тиімділігін арттырудың тиімді стратегиясы болып табылады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Штреслер, К. А., Миронова, Ж. В., Конев, А. В., Киселева, С. П. Повышение инвестиционного потенциала месторождений руд цветных металлов и золота предварительным обогащением // Записки Горного института. — 2013. — Т. 205. — С. 280–284.
2. Патент № 2613687 С1 Российская Федерация, МПК В03В 7/00, В03D 1/02. Способ обогащения полиметаллических руд, содержащих сульфидные минералы никеля, меди и железа. № 2015156858, заявл. 30.12.2015, опубл. 21.03.2017 / И. В. Волянский, Л. С. Лесникова, Г. Г. Парамонов ; заявитель ПАО "Горно-металлургическая компания "Норильский никель".
3. Капсалямов, Б. А. Электротермическая переработка необогатимых полиметаллических руд и техногенных отходов / Б. А. Капсалямов // Известия ВУЗов (Кыргызстан). — 2008. — № 10. — С. 6–10.
4. Shevko, V. M., Makhambetova, B. A., Aitkulov, D. K., Badikova, A. D. Optimization of joint electric smelting of Shalkiya sulfide ore and its concentration tailings to produce medium-silicon ferrosilicon // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources. — 2025. — 334(3). — P. 91–98. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.31>
5. Лакерник, М. М. Электротермия в металлургии меди, цинка и свинца. — М.: Металлургия, 1964. — 283 с.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАМОТНЫХ КИРПИЧЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬЮ

Одними из основных стадий, определяющих макроструктуру огнеупоров, являются прессование и обжиг изделий. На данных стадиях формируются такие свойства огнеупора, как пористость и плотность изделия, которые во многом определяют такие важнейшие эксплуатационные свойства, как механическая прочность, термоустойчивость и шлакоустойчивость [1]. Пористость изделия является одним из основных параметров структуры огнеупора, т.к. определяет его массу [2]. Если исходить из этих соображений, пористость огнеупора должна быть максимальной. Однако очевидно, что при очень высокой пористости изделия падает его прочность. Поэтому необходимо определить оптимальную пористость, которая обеспечивала бы с одной стороны, достаточную прочность, с другой – позволила бы снизить массу изделия. Для выбора оптимальных режимов изготовления огнеупорных изделий необходимо исследовать влияние режимов прессования и обжига на пористую структуру огнеупоров и получить зависимости между параметрами прессования и обжига и параметрами пористой структуры.

Пористость определять достаточно сложно, однако известно, что газопроницаемость достаточно хорошо коррелируется с пористостью [3]. Известно, что газопроницаемость огнеупорных изделий можно определить по зависимости (1):

$$K = 1840 \times \frac{Q \times h}{S \times \Delta p} \times \frac{2 \times p_1}{p_1 + p_2}, \quad (1)$$

где K – газопроницаемость;

Q – объем газа (воздух), прошедшего через образец поперечного сечения S ;

Δp – перепад давления;

p_1, p_2 – давление газа (воздух) соответственно на входе и на выходе.

Также известно, что газопроницаемость дисперсной массы может быть определена как [3]

$$K = d^2 \cdot \frac{S^2}{96 \cdot (1 - m) \cdot \eta}, \quad (2)$$

где d – диаметр зерна основы огнеупора;

S – площадь просвета между частицами смеси;

m – пористость смеси;

η – динамическая вязкость воздуха.

Приравниваем (1) и (2):

$$1840 \times \frac{Q \times h}{S \times \Delta p} \times \frac{2 \times p_1}{p_1 + p_2} = d^2 \cdot \frac{S^2}{96 \cdot (1 - m) \cdot \eta}$$

Определим пористость огнеупорной массы:

$$m = 1 - \frac{d^2 \times S^3 \times \Delta p \times (p_1 + p_2)}{176,64 \times 10^3 \times Q \times h \times \eta \times 2 \times p_1}. \quad (3)$$

Общая пористость определяется как (4)

$$m = \left(1 - \frac{\gamma}{\rho}\right) \times 100\%, \quad (4)$$

где γ – кажущаяся плотность изделия;

ρ – плотность кирпича.

Таким образом, учитывая (3) и (4), кажущаяся плотность кирпичей будет (5)

$$\gamma = \left(0,99 - \frac{d^2 \times S^3 \times \Delta p \times (p_1 + p_2)}{1,7664 \times 10^3 \times Q \times h \times \eta \times 2 \times p_1}\right) \times \rho. \quad (5)$$

По формуле (5) были проведены расчеты по определению кажущейся плотности изделия. Давления формования меняли в пределах 15 - 24 МПа, изменение давления в диапазоне 0-3 МПа. Расчетные данные приведены в таблице 2. Для проверки адекватности предлагаемой модели провели эксперименты по исследованию влияния давления на величину кажущейся плотности.

Для изготовления образцов использовали полусухие шамотные массы с содержанием глины 40 % и шамота 60 %. Влажность массы 4 % сверх 100 %. Прессование в течение 12 секунд происходило с первоначальным давлением в 22 МПа, которое через 7 - 8 секунд повышали до 27 МПа. Целесообразность увеличения определяется процессами перераспределения массы между различными частями во время прессования. После прессования изделия подвергали обжигу при температуре 1270 °С в течение 12 часов [4].

Исследовали плотность шамотных образцов в зависимости от давления прессования (таблица 1).

Как показали исследования, использование увеличения давления способствует повышению плотности при всех первоначальных значениях давления. При этом с увеличением начального давления разница в плотности между кирпичом, полученном при постоянном давлении и кирпичом, изготовленным с увеличивающимся давлением, становится меньше. Данные таблицы 2 свидетельствуют об адекватности предлагаемой модели расчета кажущейся плотности огнеупора, учитывающей величины базового и переменного давления. Относительная ошибка между

экспериментальными и расчетными данными не превышает 4,5 %, что является хорошим показателем.

Таблица 1 – Данные исследования зависимости плотности образцов от давления

№ №	Давление при формообразовании, МПа	Увеличение давления в процессе формообразования, МПа	расчетная кажущаяся плотность , г/см ³	Экспериментальная кажущаяся плотность, г/см ³	Относительная погрешность, %
1	15	0	1,58	1,54	2,6
2	15	3	1,69	1,62	4,3
3	18	0	1,76	1,71	2,9
4	18	3	1,84	1,79	2,8
5	21	0	1,88	1,82	3,3
6	21	3	1,94	1,88	3,2
7	24	0	1,89	1,85	2,2
8	24	3	1,99	1,91	4,2

Проведены исследования зависимости газопроницаемости огнеупорной смеси от величины давления при прессовании изделия.

Увеличение давления однозначно связано с величиной кажущейся плотности, газопроницаемостью и пористостью: увеличение давления прессования приводит к снижению всех этих параметров. Причем, надо отметить, что увеличение давлений прессования в процессе оказывает более сильное влияние на указанные показатели, чем базовое.

Таким образом, увеличение давления при прессовании будут способствовать снижению газопроницаемости и характеру распределения пористости шамотных кирпичей. Определено, что для всех исследованных огнеупорных масс зависимости основных характеристик, таких как газопроницаемость, пористость, плотность от давления прессования подчиняются одинаковым закономерностям.

Плотность и прочность огнеупора также являются косвенными

Список использованной литературы

1. Haonan Zhang, Yanrong Zhang, Sisi Han, Kai Wu, Xinrui Shen Analysis on thermomechanical characteristics of refractory brick structure with different material properties and structure parameters in incinerators // Materials today communication. Volume 42, January 2025, 111166
2. Xinyu Jin, Tielei Tian, Huanlong Chen, Yuzhu Zhang, Tao Li, Yanjun Liu Effect of SiO₂ content in magnesia flux pellets on softening-melting and dripping behavior of comprehensive burden structure // Powder Technology. Volume 444, 1 August 2024, 120021
3. Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Технология огнеупоров. – М.: Металлургия, 1978. – 376 с.
4. Kulikov, V.Y., Kvon, S.S., Issagulov, A.Z., Arinova, S.K. Studying refractory bricks structure impact on their performance properties // Metalurgija, 2019, 58(3-4), страницы 283-286.

ХРОМ ШИКІЗАТЫН АЛДЫН АЛА ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Кіріспе

Құрамында хром бар шикізатты алдын ала тотықсыздандыру феррохром металлургиясындағы энергия шығынын азайтуды және балқыту үрдісін техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуды қамтамасыз ететін маңызды кезең болып табылады. Алдын ала тотықсыздандырудың заманауи технологиялары хром және темір оксидтерін хромит концентратынан көміртекті тотықсыздандырғыштармен (көмір, кокс және т.б.) кен термиялық пешке материал түскенге дейін ішінара немесе толық тотықсыздандыруға бағытталған. Бұл электр энергиясын тұтынуды азайтуға, хромды алу дәрежесін арттыруға және өндірістің экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

1. Outokumpu Технологиясы (Оутокумпу). Технологияны Финляндияның Outokumpu компаниясы әзірледі және феррохром өндірісінде кеңінен қолданылады. Алдын ала тотықсыздандыру айналмалы құбырлы пештерде (реторттарда) 1200-1400 °C температурада жүзеге асырылады. Үрдіс бақыланатын атмосферада хромит концентратының, әктастың және көміртектің қоспасын қыздыруға негізделген, нәтижесінде Fe_2O_3 және Cr_2O_3 FeO -ға және Cr_2O_3 -ке немесе CrO -ға дейін ішінара тотықсызданады.

Айналмалы пештен өткеннен кейін, алдын ала тотықсыздандырылған өнім соңғы тотықсыздандыру және балқыту үшін доғалы пешке түседі. Технологияның артықшылығы-дәстүрлі әдіспен салыстырғанда энергия шығынын 25-30% - ға төмендету, ұсақ дисперсті шикізатты пайдалану мүмкіндігі, сонымен қатар экологиялық тиімділік болып табылады. Кемшіліктері-қондырғының капиталды көп қажет етуі, пештегі газ ортасы мен температураны бақылау қажеттілігі, жабдыққа қызмет көрсетудің қиындығы [1].

2. Xstrata (Premus) Технологиясы (Премус). Premus технологиясы (Glencore Xstrata бөлімшесі) — феррохром өндірісінің энергияны үнемдейтін технологияларының бірі. Ол көп тонналық шахта пештеріндегі (kiln furnace) хромит шикізатын кезең-кезеңімен алдын-ала тотықсыздандыру, содан кейін соңғы тотықсыздандыруға және доғалы пеште балқытуға негізделген.

Үрдіс кептіру кезеңін, органикалық ылғалды кетіруді, пиролизді, темірді тотықсыздандыруды және хромды 1400 °C дейін ішінара тотықсыздандыруды қамтиды. Ерекшелігі-темірдің (95% дейін) және хромның (40-50% дейін) балқытылғанға дейін тотықсыздануының жоғары деңгейі, бұл пештің жүктемесі мен электр энергиясын тұтынуды айтарлықтай төмендетеді.

Premus артықшылықтары: энергия тиімділігі (3000 кВт·сағ/т феррохромға дейін), төмен CO₂ шығарындылары. Кемшіліктері – үрдісті реттеудің күрделілігі, шикізатты ұзақ уақыт дайындау, шикізат құрамын бақылауға қойылатын жоғары талаптар [2].

3. SmeltDirect Технологиясы (Смелт Дайрект). SmeltDirect үрдісі технологиялық тізбекті жеңілдетуге баса назар аудара отырып, дәстүрлі феррохромды балқыту әдістеріне балама ретінде жасалған. Бұл технологияда алдын-ала тотықсыздандыру және балқыту бір қондырғыда-плазмалық немесе индукциялық жылыту технологиясын қолдана отырып, цилиндрлік балқыту пешінде жүреді. Көмір тотықсыздандырғышы және хромит концентраты қолданылады.

Негізгі артықшылығы – кезеңдер санын азайту: Outokumpu немесе Premus сияқты алдын ала тотықсыздандырудың жеке кезеңі қажет емес. Үрдіс металды концентраттан тікелей алуға мүмкіндік береді, хромның жоғалуын азайтады. Дегенмен, технология автоматтандырудың жоғары деңгейін, сондай-ақ 3500-4000 кВт·сағ/т деңгейінде энергия шығынын талап етеді, бұл оның бірқатар аймақтардағы экономикалық тиімділігін шектейді [2, 3].

4. Höganäs Технологиясы (Хёггенес). Бастапқыда тотықсыздандырылған темірді өндіруге арналған шведтік Höganäs технологиясы хромиттерді алдын-ала тотықсыздандыруға бейімделген. Үрдістің мәні – 1100-1250 °C температурада тотықсыздану атмосферасындағы айналмалы құбырлы пештерде ұсақ дисперсті хромит концентратын тотықсыздандыру.

Бұл үрдісте темірдің жоғары тотықсыздануына және хромның ішінара тотықсыздануына қол жеткізіледі. Алынған өнімді әрі қарай балқытуда жартылай фабрикат ретінде пайдалануға болады. Технология ұсақ шикізатқа жақсы бейімделуімен, қондырғылардың ақтамдылығымен, газды тазарту және жұмсалған жылуды қайта қолданудың мүмкіндігімен сипатталады. Негізгі кемшілігі – хромды тотықсыздандырудың шектеулі дәрежесі, бұл кенді термиялық пеште материалды өндеуді қажет етеді.

Технологиялардың салыстырмалы талдауы

- Outokumpu: жақсы бейімделген, кеңінен қолданылады, жоғары энергия тиімділігі, бірақ күрделі дайындық пен бақылауды қажет етеді.

- Premus (Xstrata): ең жақсы энергия тиімділігі, алдын-ала тотықсыздандырудың жоғары деңгейі, ірі өндірістерге жарамды, бірақ оны жүзеге асыру қымбат.
- SmeltDirect: жүйенің икемділігі мен жеңілдігі, бірақ үлкен энергия шығындарын талап етеді.
- Höganäs: шағын және орта қуаттарға жарамды, үнемді, бірақ тотықсыздандыру тереңдігінде шектеулер бар [4].

Қорытынды. Хром шикізатын алдын ала тотықсыздандыру технологиялары феррохром өндірісінің экономикалық және экологиялық тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Энергия тиімділігі мен тотықсыздандыру тереңдігі бойынша ең жақсы көрсеткіштерді көрсететін Outokumpu және Premus үрдістері жетекші болып табылады. Алайда, белгілі бір технологияны таңдау шикізаттың құрамына, өндіріс ауқымына және соңғы өнімге қойылатын талаптарға байланысты.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Шотанов А.Е., Роцин А.В., Панфилов В.П., Нурғали Н.З., Досекенов М.С. Предварительное восстановление хромитового сырья по способу Хоганес // *Металлургия*. №8, 2022. Стр. 10-17.
2. Шотанов А.Е., Нурғали Н.З. Производство высокоуглеродистого феррохрома из предвосстановленного сырья: XIII Открытая науч.-техн. конф. Generation Kazchrome. Сб. док. I т. Актобе : Хабар-Сервис. 2021. С. 51–60.
3. O. Naiker. The development and advantages of Xstratas Premus process. The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2007.
4. Chima Ugwuegbu. Technology innovations in the smelting of chromite ore // *Innovative Systems Design and Engineering*. Vol 3, No.12, 2012. P. 48-54.

REVIEW OF THE USE OF SILICON-ALUMINUM ALLOYS AS REDUCING AGENTS IN THE PRODUCTION OF CHROMOMANGANESE ALLOYS

Complex alloys play an important role in metallurgy by providing improved mechanical and chemical properties of materials [1]. A promising direction is the use of chromomanganese alloys, which can alter the characteristics of steel due to their high chromium and manganese content [2].

To produce such alloys, effective reducing agents are required to lower oxide content and increase metal purity. Silicon-aluminum alloys demonstrate high efficiency in this role, contributing to the thermodynamic stability of the process and reducing energy consumption.

The following alloys will be considered as silicon-aluminum reducing agents: ferrosilicoaluminum (FeSiAl), aluminosilicomanganese (AlSiMn), and ferrosilicochrome (FeSiCr) dust. These alloys have a lower cost, making them an affordable option for metallurgical processes. They contain a significant amount of reducing elements (Si and Al), which ensures their effectiveness in the reduction of oxides.

Scientists at the Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute have been actively developing the idea of introducing Kazakh coal into metallurgical processing. Significant progress has been made in this area: new technologies have been developed, and technological tests have been conducted under industrial conditions. Within the framework of these studies, S. Baisanov, M. Tolymbekov [2], and other scientists proposed technologies for producing silicon-aluminum alloys (FeSiAl and AlSiMn) using inexpensive coal with an ash content of approximately 54-63%.

FeSiAl was produced using coal-bearing rock from the "Bogatyr" and "Severnny" deposits of the Ekibastuz coal basin. Meanwhile, AlSiMn was obtained by reducing low-grade manganese ore from the Jezdy deposit using hard coal from the Ekibastuz deposit.

The resulting complex alloys FeSiAl and AlSiMn are used as reducing agents in the technology for producing chromomanganese alloy. The use of these alloys enables effective utilization of local raw materials in metallurgical processes, reducing dependence on expensive reducing agents. The chemical compositions of the ferroalloys used are presented in tables 1 and 2.

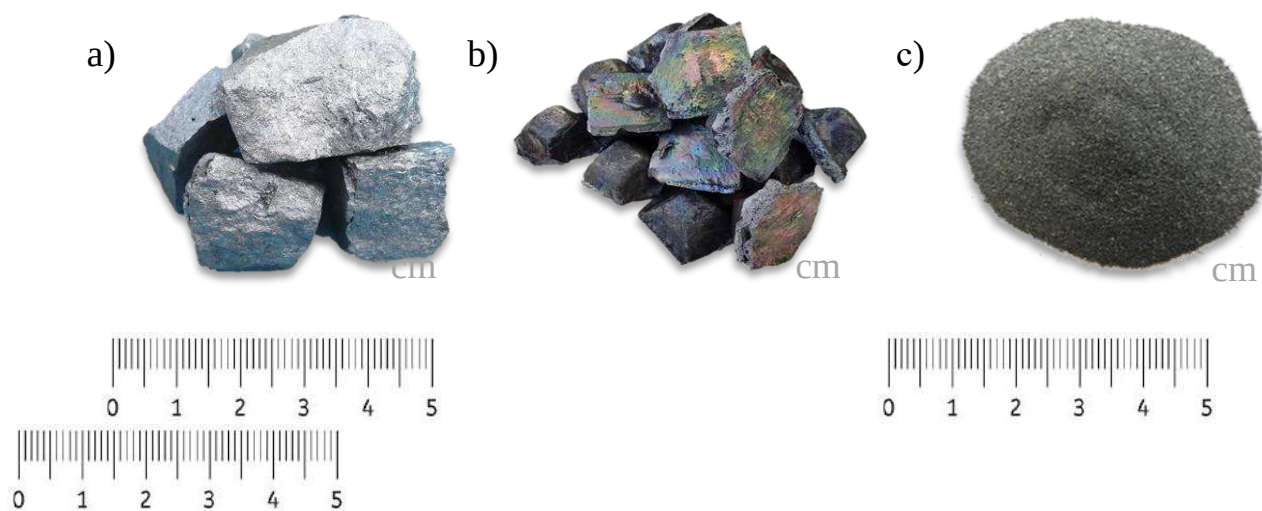


Figure 1 – Appearance of FeSiAl (a) alloys, AlSiMn (b) alloys and dust FeSiCr (c).

Table 1 – Chemical composition of FeSiAl, %

Si	Al	Fe	P	S
45-50	8-12	30-35	0.025	0.012

According to table 1, the FeSiAl alloy is characterized by a high concentration of key reducing elements, such as silicon and aluminum, which significantly enhances its performance in metallurgical reduction processes [3]. The elevated levels of these components promote more efficient reduction of metal oxides during smelting. Additionally, the low levels of phosphorus and sulfur indicate the high purity of the alloy, contributing to improved quality and cleanliness of the final metal products by minimizing the introduction of harmful impurities.

Table 2 – Chemical composition of AlSiMn, %

Si	Al	Mn	Fe	C	P
35-37	6-7	30-42	15-18	0,2	0.015

As shown in table 2, the AlSiMn alloy contains a high amount of silicon, which contributes to its effectiveness as a reducing agent in metallurgical processes [4]. Silicon plays a crucial role in reducing metal oxides such as manganese and iron, thereby enhancing the efficiency of the process and improving the properties of the final alloys.

Ferrosilicochrome (FeSiCr) dust is also used as a reducing agent. This dust is a by-product generated in large quantities during the manufacturing process. Due to its availability and reducing properties, FeSiCr dust is effectively applied in metallurgical processes. The chemical composition of FeSiCr dust is presented in table 3.

Table 3 – Chemical composition of FeSiCr dust, %

Cr	Fe	Si	Al	C	S	P
20-25	10-15	28-33	1,50	2,5	0,045	0,015

As a result of the conducted research, the feasibility of using domestic reducing agents such as ferrosilicoaluminum (FeSiAl), aluminosilicomanganese (AlSiMn), and ferrosilicochrome (FeSiCr) dust in the technology for producing chromomanganese alloy was confirmed. The high content of silicon and aluminum in these materials ensures effective reduction of metal oxides, which contributes to improving the quality of the final alloys. In the future, a series of laboratory studies will be conducted using these alloys.

References

1. Shabanov E. Zh. i dr. Poluchenie kompleksnogo splava alyumosilikohroma besshlakovym sposobom //Metally. – 2014. – №. 3. – S. 11-14.
2. Bajsanov S. O. i dr. Kompleksnyj splav. – 2013.
3. Bukin A. V., Seregin A. N., Larikov A. T. Shihta dlya VYPLAVKI ferrosilikoalyuminiya. – 2017.
4. Muhambetgaliev E. K. i dr. Promyshlennyye ispytaniya po vyplavke kompleksnogo splava v rudnotermicheskikh pechah maloj i srednej moshchnosti //Trudy universiteta. – 2019. – №. 4. – S. 31-35.

ПЕРЕРАБОТКА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ
ТОО «EURO PACK»

В настоящее время индустрия полимеров и пластмасс развивается ускоренными темпами. Изделия из этих материалов находят всё более широкое применение как в различных отраслях машиностроения, так и в легкой промышленности. Процесс переработки пластмасс представляет собой совокупность технологических операций, в ходе которых исходное полимерное сырьё превращается в готовое изделие с заранее заданными эксплуатационными характеристиками. На сегодняшний день известно множество методов переработки пластмасс. Выбор конкретного способа зависит от конструкции изделия, условий его эксплуатации, технологических особенностей материала, а также от экономических факторов — таких как масштаб производства, себестоимость и другие.

Промышленность успешно осваивает высокопроизводительные технологии переработки термопластов, включая экструзию, литьё под давлением, вакуумное формование и другие методы. Широкий ассортимент марок термопластов позволяет создавать изделия, соответствующие самым различным требованиям эксплуатации. В условиях рыночной экономики эффективность производства продукции на основе новых материалов определяется не только снижением себестоимости, но и повышением надёжности и устойчивости изделий в процессе их эксплуатации.

Одним из ключевых требований, предъявляемых ко всем видам оборудования для переработки пластмасс, является обеспечение высокого качества готовой продукции при сохранении высокой производительности. Одним из важнейших направлений развития современных технологий и оборудования в этой области становится внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами. Для их эффективного использования необходимо обеспечить повышенную надёжность оборудования, использовать грамотно спроектированную оснастку и оптимально отработанные режимы переработки. Всё это требует соответствующей квалификации и навыков от специалистов [1].

На сегодняшний день существует широкий спектр методов производства изделий из пластмасс. На предприятии ТОО «Euro Pack» выбор конкретной технологии определяется типом полимера, его физическим состоянием на начальном этапе, а также формой и размерами конечного изделия. В производстве изделий из расплавов или растворов термопластов применяются такие технологии, как экструзия

(непрерывное выдавливание расплава), литьё под давлением

(заполнение формы расплавленным полимером), каландрирование (пропуск материала между валками), выдувание (для создания полых форм), а также спекание, напыление, контактное, ротационное формование, намотка и другие методы.

Выбор метода переработки также во многом зависит от спроса на продукцию в промышленном регионе и, соответственно, от её экономической целесообразности. В большинстве случаев формование изделий происходит из полимеров в вязкотекучем состоянии — это такие процессы, как литьё под давлением, экструзия, прессование, каландрирование и прочие. В то же время отдельные методы, такие как вакуумное или пневматическое формование, осуществляются с применением полимеров в высокоэластичном состоянии.

Продукция изготавливается из высококачественного сырья производства Компании «Borealis Polymers OY» (Финляндия) и Компании «DS-Chemie GmbH» (Германия), «HYUNDAI Petrochemical Co. Ltd.» (Корея). Основным материалом для производства колпачков выступает полипропилен низкого давления.

До настоящего времени производством использовался материал фирмы «Borealis Polymers OY» марки BD456MO, но технология не стоит на месте, и открываются новые материалы. Компания Borealis разработала новый полипропилен (ПП) RE450MO рандом сополимер, для производства крышек для бутылок с водой, а также энергетических напитков. Новый продукт Borealis создан на основе уникальной технологии Borstar, которая совмещает хорошие механические свойства с высокими эксплуатационными характеристиками. Также он значительно уступает в цене.

Современный полипропилен открывает широкие перспективы для внедрения новых дизайнерских решений. Он не содержит добавок, способных повлиять на вкус или аромат напитков, что делает его особенно ценным для упаковки, где сохранение органолептических свойств продукта имеет первостепенное значение.

Испытания полипропилена марки RE450MO показали, что он обладает характеристиками, сравнимыми с традиционным полиэтиленом, применяемым при производстве крышек. Благодаря высокой текучести RE450MO позволяет изготавливать как прозрачные, так и окрашенные изделия, что расширяет возможности в дизайне упаковки. Кроме того, материал отличается ультранизким уровнем содержания летучих органических соединений.

Продукт изготовлен из полипропилена марки RE450MO — гетерофазного сополимера. При этом возможно использование и других полимерных материалов, таких как H7500, H7600, H1400, H1510 (полипропилен в гранулах) или M1410, M1420, M1500, M6100

(сополимеры этилена и пропилена). Эти материалы обладают улучшенными характеристиками и специализированной упаковкой, что делает их особенно подходящими для производства крышек и колпачков для газированных напитков, воды, пищевой продукции и других изделий.

Таким образом, в современных условиях для любого типа изделия из различных материалов возможно подобрать сырьё с заранее заданным набором свойств, удовлетворяющим как технологическим, так и эксплуатационным требованиям [2].

Таблица 1

Физические свойства сополимера RE450MO в сравнении со свойствами сополимера BD456MO

Свойства	RE450MO	BD456MO	Метод теста
Плотность, кг/м ³	910	910	ISO 1183
Предел текучести расплава, г/10 мин	8,0 (2,16 кг/230°C)	7	ISO 1133
Температура плавления, °C	165	170	ISO 527
Растягивающее напряжение при извлечении, МПа	30,5 (50 мм/мин)	32	ISO 527-2
Твердость, Роквелл	95	95	ISO 2039-2
Относительное удлинение, %	25	25	ISO 527
Ударная вязкость по Шарпи, надрез кДж/м ²	10 (+23°C)	10 (+23°C)	ISO 179/1A
Ударная вязкость по Шарпи, надрез кДж/м ²	5 (-20°C)	5 (-20°C)	ISO 179/1A

Физические свойства RE450MO, приведены в сравнении с физическими свойствами полипропилена марки BD456MO. RE450MO - это жесткий и устойчивый к удару полипропиленовый гетерофазный сополимер, предназначенный для компрессионного прессования. Он характеризуется очень хорошей обрабатываемостью и высокой устойчивостью к плавлению. Это обеспечивает полипропилен очень эффективной нуклеацией и потенциалом для улучшения производительности. Он обладает скольжением и антистатическим образованием, что обеспечивает хорошие качества извлечения из формы, низким притягиванием пыли и низким коэффициентом трения для соответствия промышленным стандартам по открытию и закрытию вращающихся моментов.

Список использованных источников

1 Техническая документация Карагандинского завода "Европласт"

2 Техника переработки пластмасс / Под ред. Н.И. Броя.- Издательство "Дейтчер Ферлаг Фюр

Грундитоффиндустрия" г. Лейпциг.- М.: Химия, 2022. - 528 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА СВОЙСТВА БРИКЕТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ

В процессе производства ферросплавов, широко используемых в черной металлургии для раскисления и плавления металлов, образуются мелкодисперсные пылевые отходы, которые не подлежат повторному использованию без предварительного окускования. Одним из основных видов отходов является высокодисперсная пыль (ВДП) ферросплавного производства. Образование ВДП является побочным продуктом технологического процесса, снижая его производительность. Кроме того, ВДП оказывает негативное воздействие на окружающую среду, т.к. занимает значительные площади, повышает загрязненность воздуха [1,2].

Известно, что ферросилиций является одним из важных легирующих элементов при производстве стали, придающим ей твердость, жаропрочность и коррозионную стойкость. Увеличение доли потребления в производстве качественных и высококачественных сталей, а также материалов со специальными свойствами будет неизбежно выдвигать особые требования к качеству сырья, а дальнейший рост объемов сталеплавильного производства неизбежно будет требовать соответствующих объемов выплавки ферросплавов [2].

Исследование продолжает ранее проведенную работу [3] и направлено на подбор оптимального состава шихты для брикетирования высокодисперсной пыли (ВДП) с добавлением железорудного концентрата с целью получения брикетов, соответствующих другим маркам ферросилиция.

В качестве шихты использовались: ВДП производства ферросилиция, некондиционный мелкий ферросилиций (МФ) - частицы размером менее 3мм, железорудный концентрат (ЖК) и бентонитовая глина, как связующее. Химический и фракционный составы основных компонентов шихты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав основных компонентов шихты

Компонент	Si	Fe	O	S	P	Al	Mn	Cr	Zn
ВДП	71,5	26,7	0,06	0,00 2	0,04 2	1,10 4	0,25 1	0,05	-
ЖК	12,25	49,4	32,44	0,03 8	0,06 4	3,3	2,28 5	0,02 1	0,22 2
МФ	47,0 - 52,0	40- 42,22	0,2	0,1	0,02	2,0	0,6	0,5	-

Бентонитовая глина	65,2	23,73	0,5	0,47 6	0,51	9,36 4	0,16 6	-	0,05 4

Таблица 2 - Фракционный состав компонентов

Размер частиц	≤ 0,05 мм	0,05-0,2 мм	0,2-1,0 мм	1,0-3,0 мм	≥3,0 мм
ВДП	14%	16%	55%	13%	2%
ЖК	-	82,3%	6%	6%	5,7%
МФ	14,5%	20,25%	10%	46,86%	7,89%
Бентонитовая глина	25%	51,5%	16%	5%	2%

Для дальнейшего исследования были подготовлены опытные образцы с различным содержанием железорудного концентрата в количестве от 5 до 30% по массе. Состав образцов приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Состав опытных брикетов

Маркировка образца	Количество ВДП, %	Количество ЖК, %	Количество МФ, %	Бентонитовая глина, %	Вода, %
ЖК 5	50	5	40	3	2
ЖК 10	50	10	35	3	2
ЖК 15	50	15	30	3	2
ЖК 25	50	25	20	3	2
ЖК 30	50	30	15	3	2

Образцы ЖК5 и ЖК30 с содержанием железорудного концентрата (5%) и ЖК 30 (30%) проявили низкую прочность: они легко рассыпаются при транспортировке. В связи с этим данные составы были исключены из дальнейших исследований, так как не соответствуют требованиям к механической прочности брикетов.

Список использованных источников

1. Fei Li, Zhibo Sun, Fengyun Yan. The Agglomeration of Solid Wastes for Ferroalloy Production / Infacon XVI: International Ferro-Alloys Congress, Edited by A.N. Wærnes, G. Tranell, M. Tangstad, E. Ringdalen, and C. van der Eijk SINTEF/NTNU/FFF, Trondheim, 27-29 September 2021. Сmp. 1-7.
2. 1. Pavlov S. V., Snitko Yu. P., Plyukhin S. B. Wastes and emissions in production of ferrosilicon // *Elektrometallurgiya*. 2001. № 4. P. 22–28.
3. Yerzhan A., Kvon Sv.S., Issagulova D.A., Kulikov V.Yu., Kovaleva T.V. «The possibility of using iron ore concentrate as a binder when briquetting waste of ferroalloy production» // *METALURGIJA* 63 (2024) 3-4, 454-456. (Хорватия).

ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО
МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ

Обработка материалов является определяющей в последовательности технологических процессов, так как именно она, как правило, обеспечивает реализацию замысла конструктора по созданию деталей с необходимым комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств.

Лазерная обработка основана на высокой концентрации тепловой энергии в лазерном луче. Это открывает уникальные возможности для получения высоких технологических характеристик при поверхностном упрочнении, легировании, наплавке, при лазерной резке.

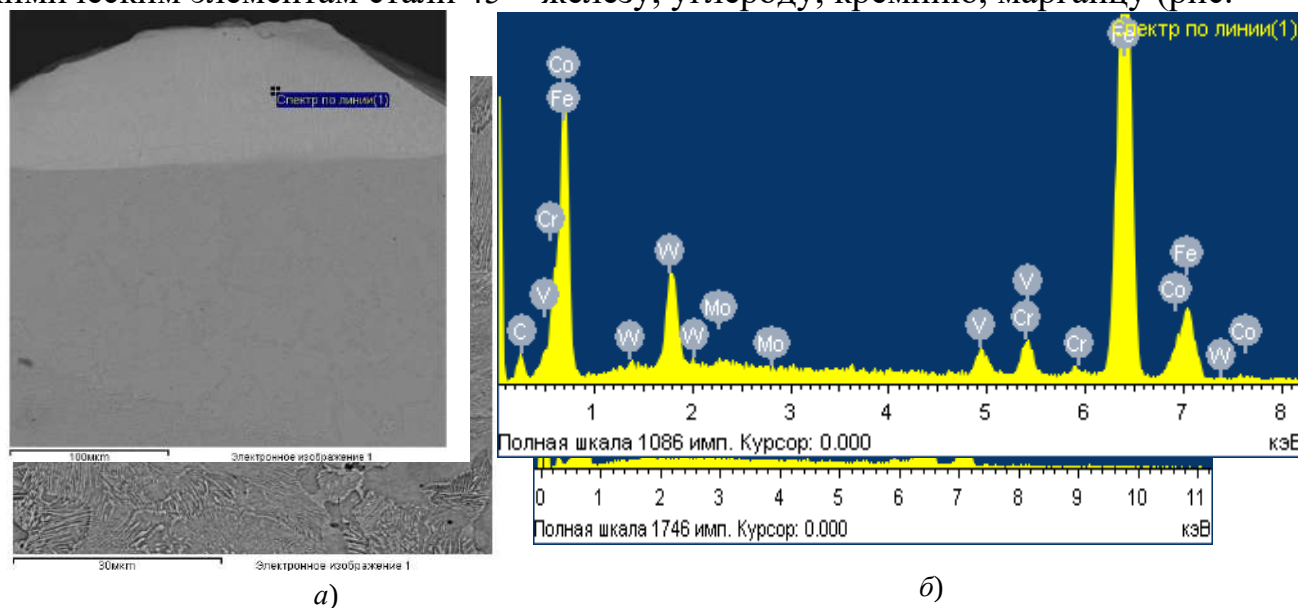
Лазерное поверхностное упрочнение успешно выполняется лазерным лучом благодаря возможности управления плотностью энергии излучения. Например, процесс закалки заключается в кратковременном тепловом воздействии лазерного излучения на металл, вследствие чего происходит прогрев поверхности металла на глубину 0,2 – 0,5 мм до температуры аустенизации за время менее чем 0,7 с, и последующим сверхбыстрым охлаждением в основной металл. Результатом этого является получение на поверхности неравновесной измельченной структуры с высокой твердостью и без признаков остаточных деформаций изделий [1,2].

В работе исследовали влияние лазерной обработки на структуру и свойства образцов из конструкционной стали 45 (ГОСТ 1050-2013) с предварительно нанесенными покрытиями из твердых сплавов.

На поверхность образцов размером 10x18x25 наносились порошки твердых сплавов P18 (W-Cr); 10P5M5 (W-Mo-Cr); P13Ф4K5 (W-V-Co-Cr). В качестве связующего использовали жидкое стекло. После этого проводили лазерную обработку на непрерывном CO₂-лазере "ХЕБР-2500" по следующему режиму: мощность излучения P=500 Вт; скорость перемещения лазерного луча – 1400 мм/мин; высота головки I= 10,15,20 мм [3-5].

Предварительное микролегирование и последующая лазерная обработка приводят к значительному изменению структуры и свойств поверхностных слоев исходных образцов. На рисунке 1 приведена микроструктура и фазовый анализ исходной стали 45, выполненные на растровом электронном микроскопе TESCAN//VEGA//LSU с системой микроанализа INCA производства OXFORD Instruments (Англия). Микроструктура состоит из феррита и перлита (рис.1,а) пики на диаграмме соответствуют основным

химическим элементам стали 45 – железу, углероду, кремнию, марганцу (рис.



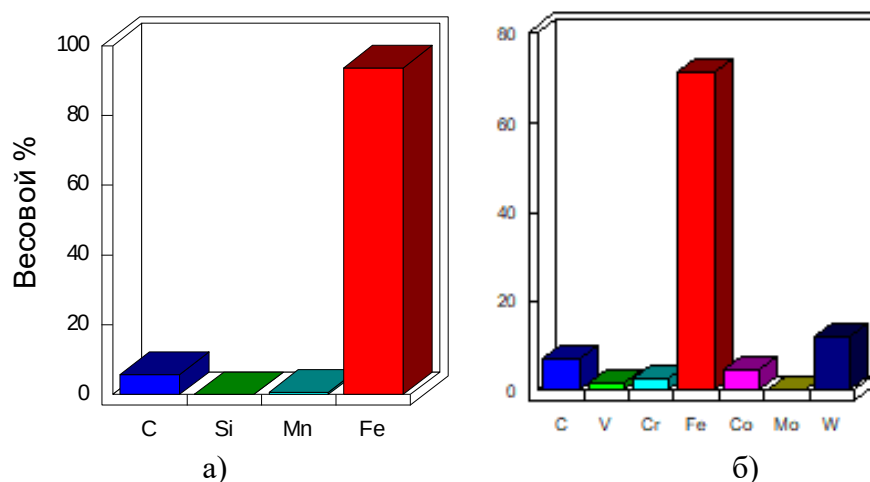
а – микроструктура (феррит и перлит) $\times 500$; б – распределение элементов
Рис. 1 - Изображения микроструктуры стали 45 в исходном состоянии

После лазерной обработки образцов с предварительно нанесенными покрытиями из твердых сплавов на поверхности получали новые материалы сложного химического состава и структуры. Эти материалы представляют собой покрытия в виде валиков шириной 1-2 мм, глубиной 0,5-1 мм. Все образцы после лазерной обработки имели типичное строение: на поверхности светлая нетравящаяся зона, далее зона, имеющая игольчатое строение, затем следует светлая зона с четко выраженными границами зёрен переходящая в матрицу с исходной структурой стали 45. На рисунке 2, в качестве примера, приведена микроструктура стали 45 после лазерной обработки с предварительно нанесенным покрытием P13Ф4K5 (W-V-Co-Cr) и результаты микрорентгеноспектрального анализа.

Геометрические размеры наплавленных новых материалов (валиков) изменялись в зависимости от технологических режимов лазерной обработки.

а) б)
а – микроструктура с покрытием W-V-Co-Cr $\times 500$; б – распределение элементов
Рис. 2 – Изображения микроструктуры стали 45 после лазерного микролегирования

На рисунке 3 представлен сравнительный анализ количественного распределения элементов до и после лазерного микролегирования стали 45 сплавом P13Ф4К5 (W-V-Co-Cr).



а – исходное состояние стали 45; б – после лазерного микролегирования W-V-Co-Cr
Рис. 3 – Количественное распределение элементов

Список использованных источников

1. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1989. -301 с.
2. Иванов В.П. Восстановление и упрочнение деталей. Справочник/ В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов и др. под ред. Ф.И. Пантелеенко. – М.: Наука и технологии, 2013. -368 с.
3. Пастухов А. Г., Шарая О А., Минасян А. Г., Водолазская Н. В. Технология лазерного микролегирования углеродистых сталей для упрочнения деталей сельскохозяйственных машин //Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 2 (10). С. 34 -47.
4. Kvon S.S., Kulikov V.Y., Filippova T.S., Omarova A.E. Using high-chromium iron as material for production of the equipping components of mine shafts / Metalurgija (Zagreb, Croatia). 2016. T. 55. № 2. С. 206-208.

УДК 669-1 Ковалев П.В. (Санкт-Петербург, НИУ СПбПУ Петра Великого)
Исагулова Д.А. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
Жаксыбекова А.А. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)

СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ МЕТАЛЛ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ

Сирек жер металдарының (СЖМ) қазіргі металлургиядағы рөлі қосалқы функциялар шеңберінен әлдеқайда асып түседі – олар металл өнімдерінің сапасын басқаруда, құрылымын қалыптастыруда, зиянды қоспалар мөлшерін азайтуда және пайдаланушылық қасиеттерін арттыруда негізгі элементтерге айналады. Бұл жұмыста болат балқыту тәжірибесінде сирек және сілтілік-жер металдарын (СЖМ және СЖМ) қолданудың негізгі принциптері қарастырылады, сондай-ақ болатты пештен тыс өңдеу мен легірлеу кезінде туындайтын технологиялық мәселелер талданады. Әлемнің барлық елдерінде сирек жер металдарын қолдану деңгейі ғылыми-техникалық прогрестің баламасыз катализаторы және индустриалды дамыған елдердің экономикалық және ұлттық қауіпсіздігінің индикаторы ретінде қарастырылады[1]. Болат балқыту саласында СЖМ мен олардың қорытпалары жоғары химиялық белсенділігімен ерекшеленеді, олар оттегі (O_2), азот (N), сутегі (H) және күкіртпен (S) әрекеттесіп, сұйық темірде ерімейтін тұрақты қосылыстар түзе алады.

Көбінесе кальций, магний, барий, церий, лантан және басқа да СЖМ мен СЖМ қолданылады. Бұл элементтер болатты тиімді дезоксидтеу мен десульфурациялауды қамтамасыз етеді, бейметалл қосындылар морфологиясын оңтайландырады. Ал оларды артық мөлшерде енгізу, болатты легірлеу мақсатында жүзеге асырылады, бұл металл қасиеттерін едәуір жақсартуға мүмкіндік береді.

Болатты пештен тыс өңдеудің негізгі мақсаты – зиянды қоспалар концентрациясын, газбен қанығуын және бейметалл қосындылармен ластануын азайту. Бұл өз кезегінде дайын өнімнің қажетті механикалық және арнайы қасиеттерін қамтамасыз етуі тиіс[2]. Дегенмен, технологиялық ережелер сақталғанның өзінде де, құйма мен прокатта химиялық және құрылымдық біртектіліктің бұзылуы, жарықшалар мен шөгу ақаулары сияқты мәселелер орын алады.

Құйылған және деформацияланған металдың сапасын арттырудың маңызды резервтері – кристалдану алдындағы кезеңде балқыма құрылымы мен қасиеттерін мақсатты түрде қалыптастыру мүмкіндігімен байланысты. Бұл ретте СЖМ негізіндегі модификаторлар мен микролегірлеуші қоспалар ерекше тиімділік көрсетеді.

Темір мен сирек жер металдарының (СЖМ) балқу және қайнау температураларының айырмашылығы (мысалы, церий үшін: $T_{балқ} = 804\text{ }^{\circ}\text{C}$,

Тқайнау = 3599 °С; лантан үшін: Тбалқ = 920 °С, Тқайнау = 4516 °С) қоспалардың булану мәселесін болдырмайды, бұл сілтілі жер металдары үшін өзекті мәселе болып табылады[3]. Кальций (0,00023 МПа) мен магнийдің (1,78288 МПа) бу қысымын ескерсек, бұл – СЖМ-нің маңызды артықшылықтарының бірі болып саналады.

Сондай-ақ, болаттың коррозиялық төзімділігіне әсер ететін факторлардың бірі – құрамында темірмен гальваникалық жұп түзетін түсті металл қоспаларының (ТМҚ) болуы. Қорғасын (Pb), қалайы (Sn), висмут (Bi) және сүрме (Sb) атомдық және иондық радиустары бойынша темір мен никельден едәуір ірі, әрі олардың темір негізді қорытпалардағы ерігіштігі өте төмен. Соның салдарынан бұл элементтер кристалдану кезінде дендрит аралық аймақтар мен түйіршік шекараларында жинақталады, бұл құймалардың бұзылуына және слябтар мен блюмдарда жарықшалардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

ТМҚ мөлшерінің артуы сульфидті жарылуға төзімділік көрсеткішін және болаттың қызыл морттық температурасын төмендетеді, бұл өз кезегінде құймаларда жарықшалар түзілуінің негізгі себептерінің бірі болып табылады. Бұл мәселені шешудің бір жолы – бастапқы таза шикізатты, яғни металдандырылған түйіршіктерді пайдалану және шихта құрамын қатаң бақылау. Альтернативті тәсіл – түсті қоспаларды тұрақты қосылыстарға айналдырып, оларды сұйық металдан шығарып тастау.

Сирек жер металдарын болат балқыту процестерінде қолдану – болат сапасын кешенді арттырудың тиімді құралы болып табылады. Бұл тәсіл зиянды және бейметалл қосындыларды жоюдан бастап, құрылым мен коррозиялық төзімділікті жетілдіруге дейінгі көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Кристалдану алдындағы кезеңде СЖМ енгізу – жаңа буындағы металл өнімдерінің сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етудің негізі болып табылады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Савельева И.Л. Редкоземельная промышленность России: современное состояние, ресурсные условия развития // Научный журнал География и природные ресурсы. 2011. № 1. С 122—129. [Savel'eva I.L. Redkozemel'naja promyshlennost' Rossii: sovremennoe sostojanie, resursnye uslovija razvitija // Nauchnyj zhurnal Geografija i prirodnye resursy. 2011. N 1. S 122—129.]
2. В.А.Голубцов, Л.Г. Шуб, Р.Г. Усманов. Внепечная обработка и модифицирование стали / Технологии и оборудование для внепечной обработки и непрерывной разливки стали: Материалы международной конференции. Москва, 25-26 октября 2005. М.: Теплоэнергетик. 2006.-221с.
3. А.Еджима, Т.Эми, К.Сузуки и др. \ Критерии для равномерного распределения сульфидов редкоземельных элементов при кристаллизации больших слитков высокопрочной листовой стали. \ Сб. Процессы раскисления и образования неметаллических включений в стали. М.: Наука. 1977, С.108-116.

БОЛАТ ҚҰЙМА ДАЙЫНДАМАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ИНОКУЛЯТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Сапалы құймаларды алудың кең таралған әдістерінің бірі – газдандырылатын үлгілерге құю арқылы дайындау болып табылады. Бұл әдіс Қарағанды облысының бірқатар машина жасау зауыттарында сәтті қолданылып келеді. Аталған әдіс әртүрлі салалар – тау-кен, құрылыс, энергетика және т.б. үшін кең номенклатурадағы құймаларды дайындауға мүмкіндік береді. Алынған құймалар жоғары өлшемдік дәлдікке, төмен кедір-бұдырлыққа және ақау пайызының аз болуына ие. Дегенмен, құймалардың құрылымын, сәйкесінше қасиеттерін басқару белгілі бір қиындықтар туғызады. Құймаларды майда түйіршікті құрылыммен (жоғары беріктікпен) және біртекті құраммен алуға мүмкіндік беретін факторлардың бірі – құймалардағы температуралық режимді басқару, мысалы, суспензиялық құю мен газдандырылатын үлгілерге құюды үйлестіру арқылы. Инокуляторларды балқымаға енгізу үшін тікелей полистирол үлгісі қолданылады. Бұған дейін құю және құрылыс полистиролын біріктіретін кешенді үлгі құрамы ұсынылған болатын [1]. Мұндай үлгінің өзіндік құнын төмендетумен қатар, құймалардың беткі қабатының көміртектену тереңдігі де азаятындығы анықталды. Осы мақалада инокуляторлардың құймалар құрылымына және қасиеттеріне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеулер Қарағанды қаласындағы «Пархоменко атындағы ҚМЗ» ЖШС базасында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде 35Л болатынан дайындалатын «Фланец» құймалары алынды. Инокуляторлар ретінде ұнтақталған скрап, шлактан алынған металл қосындылары және басқа да ұқсас материалдар қолданылды [2].

Металл шашыраулары және басқа да материалдар Еmax диірменінде ұнтақталып, кейін Retsch аналитикалық елеуіш машинасында фракциялар бойынша електен өткізілді.

Алынған инокуляторлар құрылыс және құю полистиролының түйіршіктерімен әртүрлі пропорцияда араластырылды. Бұдан кейін қалыпта дәстүрлі әдіспен массасы 4,2 кг болатын «Фланец» құйма үлгісі жасалды.

Құйма құрылымындағы элементтердің біркелкі таралуы қарастырылды.

500 мкм-ден үлкен инокуляторларды қолданған жағдайда, полистиролды күйдіру кезінде балқыма ағысы оларды өте аз ауыстырады, бұл негізгі элементтердің таралуының салыстырмалы түрде біртекті бейнесін алуына ықпал етеді.

Сонымен қатар, инокуляторлардың фракциясы мен массасының механикалық қасиеттерге әсері зерттелді. Қаттылықты макроВиккерс Wilson

VH-1150 (АҚШ) қаттылық өлшегішінде өлшеді, ал сығуға берік шекті анықтау үшін Instron 5982 (Ұлыбритания) сынғыштық және сығу күшін өлшейтін машинада бағаланды [3].

Осылайша, жүргізілген зерттеулер инокуляторларды тікелей полистиролдан жасалған кешенді үлгілерде қолданудың орынды екенін растады. Құймалар үшін металл сапасын (тазалық және түйіршіктердің өлшемі) арттыру мақсатында «Фланец» құймалары үшін инокуляторларды 0,5-0,8 мм өлшемінде, массасы 50 г қолдану орынды екендігі анықталды. Зерттелген құймаларды дайындаудың мұндай технологиялық режимдері олардың біртекті, ақаусыз құрылымын қамтамасыз етеді. Инокуляторлардың 500 мкм-ден кіші фракциясы қорытпаның құрылымы мен қасиеттеріне аз ғана әсер етеді, себебі инокуляторлардың бір бөлігі құйманың бетіне көтеріледі, ал басқа бөлігі дислокация орындарынан ығысады, бұл химиялық құрамның біртектілігін бұзады. «Фланец» құймасын дайындауда инокуляторлардың мөлшерін құйма массасының 1-1,5% көлемінде қолдану ең перспективалы болып табылады. Кіші көлемде қолданылған инокуляторлар айтарлықтай әсер етпейді, ал үлкен көлемде қолданылуы аз әсер етуі мүмкін немесе болашақта теріс әсер етуі ықтимал, себебі бұл жағдайда барлық инокуляторлар балқымайды және, демек, құймада қосынды түрінде қалып, түйіршіктермен бөліну шекарасында қалады, бұл механикалық кернеулер тудырып, осындай құйманың өнімділік сипаттамаларын төмендетуі мүмкін [4-5].

Бұл ретте газдандырылатын модельдер бойынша құюдың негізгі кемшіліктерінің бірі кеуектілікке және жүйке-өлшемді көміртексіздікке әсер ететін газдандыру есебінен құрылымның гетерогенділігі болып табылады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Шуляк В.С. *Литье по газифицируемым моделям*. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. - 408 с.
2. Нестеров Н.В., Воронцов Б.С. *Модельное исследование влияния металлических включений на распределение температур жидкого металла при литье по газифицируемым моделям // Химическое и нефтегазовое машиностроение*. - 2019. - № 9. - С. 35-40.
3. Родионова Н.А., Изотов В.А. *Охлаждение фронта потока в полости литейной формы при литье по газифицируемым моделям // Литейщик России*. - 2012. - № 9. - С. 32-33.
4. Квон С.С., Куликов В.Ю., Исагулов А.З., Аринова С.К., Ковалёва Т.В. *Исследование структуры пенополистирола при литье по газифицируемым моделям // Литейное производство*. - 2017. - № 7. - С. 18-20.
5. Ковалёва Т.В., Исагулов А.З., Куликов В.Ю., Квон С.С. *Влияние состава полистироловой модели на свойства отливки крышка сквозная // Литейное производство*. - 2021. - № 3. - С. 25-28.

ӘОЖ 621.74.041 Ковалев П.В. (Санкт-Петербург, Ұлы Петр ат. СПбПУ)
Куликов В.Ю. (Қарағанды, Ә. Сағынов ат. ҚарТУ)
Байбеков Ш.С. (Қарағанды, Ә. Сағынов ат. ҚарТУ)

ВАРИАТИВТІ СТАТИКАЛЫҚ ҚЫСЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ КЕЗІНДЕ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШ ҚҰРАМЫ ТӨМЕН ҚҰМ-ШАЙЫР ҚАЛЫПТАРЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Құм-шайыр қоспалары бір уақытта желімдік сұйықтық және ағатын зат қасиеттеріне ие. Құм-шайыр қоспалары жоғары дисперсиялы жүйелер болып табылады және құрамында қатты фазаның (құмның), шайырдың, ылғалдың және ауаның жоғары концентрациясы бар.

Құм-шайыр қоспасына жүктеме әсер еткенде қатты фазаның (құмның) бөлшектерінің жақындасуы процесі жүреді, ол газ фазасының (ауа) шығарылуы арқылы жүзеге асады. Жылу кезінде газ фазасы еріген шайырмен толтырылады. Статикалық жүктемеде фазалардың өзара әрекеттесуі тек қатты фазаның көлемінің өзгеруінде ғана емес, сонымен қатар оның пішінінің өзгеруінде де болады. Деформация кезінде пішін өзгерісі жеке қатты бөлшектердің және кейбір көлемдердің орын ауыстыруымен сипатталады. Газ фазасы мен ерімелі шайыр ішкі үйкелісті төмендетіп, тығыздалуға ықпал етеді. Қоспаның тығыздығын ішкіқуысты ауаны шығару арқылы арттыруға болады.

Ұзақ жылдық тәжірибе көрсеткендей, қалып жасау технологиясының негізі әрқашан байланыстыратын композициялар мен қоспалардың физикалық-химиялық және технологиялық қасиеттеріне негізделеді, оларды зерттеу жаңа технологиялық процестерді жасауға әкеледі. Дисперсиялық ортадағы физикалық-химиялық процестерді [2] зерттеулерінде қарастырылған. Қоспаның тығыздалуына маңызды рөл атқаратын қалыпты қоспалардың физикалық және физикалық-механикалық қасиеттеріне жататындар: қысуға төзімділік, созуға төзімділік, сырғуға төзімділік, тығыздық, пористік, масса, құйынды салмақ, ылғалдылық. Технологиялық қасиеттер де бар – ағып кету, ағымдылық, газ өткізгіштік, тығыздалғыштық, қалыптау және т.б. Қоспаның беріктігі кең диапозонда өзгереді: 0,04 МПа-дан 0,4 МПа-ға дейін.

Қосылатын байланыстырушы материалдың мөлшерін арттыру арқылы беріктік артады. Қоспаның ылғалдылық пен байланыстырушы материалдың абсолютті мөлшерінің қатынасы оңтайлы болуы керек. Бұл қатынас әртүрлі байланыстырушы материалдар, құмның құрамы мен қасиеттері үшін өзгереді. Пульвербакелиттің мөлшерін арттырған кезде беріктік өседі, бірақ сонымен қатар қалып құны айтарлықтай артады. Қоспаның беріктігі, сонымен қатар қалыптың беріктігі, тең жағдайда тікелей байланысты. Дегенмен, бірдей беріктікке ие қоспа әртүрлі тығыздау әдістерінде қалып мен оның жеке аймақтарының беріктігін әртүрлі көрсетеді. Жалпы алғанда, қалыптағы беріктік қоспаның көлемінде тығыздықтың (массаның) таралуының

топографиясын толығымен көрсетеді. Қоспаның тығыздығының соңғы таралуы тек тығыздау әдісімен ғана емес, оның бастапқы тығыздығымен және жабдықтағы таралымдарымен анықталады (қоспаны төсеу әдісіне байланысты).

[3] жұмысында әртүрлі қалыптау қоспаларының құрамдары қарастырылып, олардың физика-механикалық қасиеттерін жақсарту тәсілдері ұсынылған. Қалып жасау параметрлері, қоспа қасиеттері мен қалыптау қоспаларының қасиеттері арасындағы өзара байланыс көрсетілген.

Құм-шайыр қалыптарын құюдың таралуын шектейтін факторлардың бірі – байланыстырушының салыстырмалы жоғары құны. Қоспадағы байланыстырушының мөлшерін төмендету қоспаны қалыптастыру кезінде қысым қолданумен жүзеге асырылады [4]. Қабықты қалыптардың құнын төмендету және құюларды арзандату байланыстырушының мөлшерін азайту арқылы мүмкін болады. Бұл статикалық қысымның қолданылуы арқылы жүзеге асырылады, ол қоспаны қалыптау кезінде және қабық қалыбын жасау кезінде жүзеге асады. Сонымен қатар, қабықтың жұмыс істеу және механикалық қасиеттерін өзгермелі қысым арқылы арттыруға болады.

Жылулық өңдеуде престеу (қысымды қосқанда – жартылай престеу) әдісін қолдану қоспадағы байланыстырушыны біркелкі таратуға, құм түйірлерінің тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді, соның нәтижесінде қысу, созу және иілу беріктігі артады. Қоспаның тығыздығы да түйіршіктердің тығыз орналасуы мен ішкіқуысты ауаның шығуы арқылы артады. Бұл әдіс қапталған қоспаларды қолдануды қажет етпейді, яғни қосымша шығындар талап етілмейді. Барлығы осы әдіс, ақырында, байланыстырушының мөлшерін төмендетуге мүмкіндік береді, бұл құюлардың арзандауына әкеледі.

Қоспаның түйіршектерінің тығыздығын арттыру кезінде олардың арасында байланыс санын арттыру, престеу плитасының қысымы әсерінен туындайды. Сыртқы жүктеме бөлшектердің тығыз орналасуына кедергі келтіретін аутоаггезия және үйкеліс күштерін жеңу үшін қажет. Материалды тығыздауға қаншалықты күшті қажеттілік болса, престеу мөлшері соғұрлым үлкен болуы керек. Осылайша, сыртқы қысым әсерінен әрбір жеке байланыс күшінің беріктігі, сондай-ақ қалыптау қоспасының саны мен упаковкисы өзгереді. Олар бөлшектердің физикалық-химиялық қасиеттеріне, сондай-ақ олардың пішіні мен өлшеміне байланысты анықталады.

Құюлар бетінің кедір-бұдырлығы, оған жапсарлас құм-шайыр қалып қабатының беріктігімен анықталады, бұл өз кезегінде құм түйіршіктерінің монолитті жапсарласуымен байланысты. Сондықтан маңызды фактор – бұл қабаттың үстінде, үлгі температурасына дейін қыздырылған платамен бірге қысым жасау. Сапалы қабықты жасау үшін үлгінің плитасы мен температурасының оңтайлы таңдалуы маңызды, бұл қажетті қалыңдықтағы жартылай қатты қабатты қалыптастыруды қамтамасыз етуі тиіс.

Қатты және берік дисперсті құм-шайыр қоспаларын (қалыптар, тұғырлар, брикеттер, топырақтар) жасау мәселелері отандық және шетелдік ғылымда көптеген зерттеулерге арналған. Мұндай қоспаларды жасауға

арналған жабдықтар, технологиялар мен құрамдарды жетілдіру бойынша зерттеулер жүргізілуде. Белгілі [5], құм-шайыр қоспаны қосымша жүктемемен өңдеу қалыптың беріктігін арттырады.

Құю қалыбы сыртқы жүктемелерге (қалыптар мен тұғырларды жинау, тасымалдау) және ішкі жүктемелерге (құю кезінде сұйық металдың динамикалық және статикалық қысымы, оның температуралық әсері) қарсы тұру үшін қажетті беріктікке ие болуы тиіс. Ал, құм-шайыр қалыбында химиялық әрекеттесуден беріктік салыстырмалы түрде жоғары болғанымен, байланыстырушының минималды концентрациясында қажетті беріктікті қамтамасыз ету үшін технологиялық жағдайларды қарастыру қажет. Қоспаның беріктігін арттыру статикалық жүктемені қолданумен мүмкін, ал оның вариативтілігі қабықтың қаттылығын арттыруға қосымша ықпал етеді.

Бірқатар эксперименттер жасау арқылы қоспаның механикалық және технологиялық қасиеттеріне пульвербакелит құрамының әсерін анықталынды. Технологиялық процесс келесідей: араластырғаннан кейін құм-шайыр қоспасы машинаның бункеріне құйылды. Сосын, қоспасы бар бункерді құйма үлгілері бар 230 °C-қа дейін қыздырылған модельдік тақтаға аударылды. Сонымен қатар, 0,25 МПа қысым бір уақытта пресс тақтасы арқылы берілді. 10 секундтан кейін қысым 0,30 МПа дейін көтерілді.

Қабықтың беріктігін арттыру қоспадағы байланыстырғышты тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді және сәйкесінше қалыптарды және нәтижесінде құймаларды өндіруді арзандатады [4].

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1 А.З. Исагулов, В.Ю. Куликов, Е.П. Щербакова Изготовление отливок литьем в песчано-смоляные формы [Мәтін]: Монография / КарГТУ. Караганда: КарГТУ, 2021. 174 с.

2 Fu W., Xiaohan C., Qiang Y., Haiyang S., Dichen L. Fabrication and posttreatment for inorganic binder jetting sand molds for casting. Additive Manufacturing, 5 July 2023.

3 Куликов В.Ю., Квон С.С., Исагулов А.З., Ковалёва Т.В., Щербакова Е.П. Определение напряжения ползучести и релаксации песчано-смоляных смесей [Мәтін] // Фундаментальные исследования. - Москва, 2015. - № 2 (часть 15). – С. 3272-3274.

4 F. G. Lovshenko, G. F. Lovshenko Criteria for Selection of Alloying Components and Base Compositions for Manufacturing of Mechanically Alloyed Dispersion-Strengthened Materials on the Basis of Metals. Science and Technique, 2016, 15(3), pp. 173-182.

5 Issagulov A., Kulikov V., Isagulova D., Shcherbakova E., Kuszhanova A. Developing technological process of obtaining guality casts [Мәтін] // Metallurgija. – 2014. – Т. 53. – № 4. – С. 601-604.

КИНЕТИКА РОСТА И СТРУКТУРА ПОКРЫТИЙ MoSi_2
НА МОЛИБДЕНЕ, НАНЕСЕННЫХ В ВИБРОКИПЯЩЕМ СЛОЕ

Постоянная тенденция к повышению температур эксплуатации изделий из металлов и сплавов стимулирует активные исследования в направлениях получения новых жаропрочных и жаростойких металлических материалов. В этой связи, по-прежнему востребованы работы по изучению тугоплавких металлов и сплавов [1]. Молибден и его сплавы давно нашли применение в качестве материалов для деталей, работающих при высоких температурах [2]. В то же время, молибден имеет плохую стойкость к окислению, и в настоящее время основными методами повышения его жаростойкости являются легирование и нанесение покрытий [3].

Классические методы нанесения покрытий на молибден, такие как шликерный и силицирование в порошковых смесях, имеют ряд недостатков, к которым относятся: высокие температуры обработок, неравномерное распределение температур по сечению плотного порошкового слоя и т.п. В процессе таких обработок формируются покрытия со столбчатыми структурами внешнего защитного слоя MoSi_2 и повышенной склонностью к образованию трещин [4]. В этой связи предлагалось применять движущиеся слои при твердофазном силицировании для интенсификации процесса и улучшения качества покрытий. К разновидностям технологий движущихся (кипящих) слоев относится метод виброкипящего слоя (ВКС). Основной особенностью ВКС, по сравнению с обычными движущимися слоями, является более интенсивное перемешивание насыщающей порошковой среды. Это обеспечивает практически идеальное выравнивание температуры по всему объёму насыщающей среды и высокую скорость массопереноса в слое.

В качестве материалов для силицирования в ВКС использовались предварительно отполированные и обезжиренные плоские образцы молибдена (99,99 %Mo) размерами 20×10×2 мм. Насыщающим компонентом служил ультрадисперсный химически чистый порошок кремния.

Силицирование проводилось в установке с виброкипящим слоем в среде чистого кремния с использованием активатора SiCl_4 при температурах 850, 900 и 950 °С с выдержкой 120 минут. Далее образцы были подвергнуты окислительному отжигу в печи с воздушной атмосферой при 1300 °С в течение 1,5 ч с последующим охлаждением на воздухе.

В результате силицирования в виброкипящем слое на поверхности молибденовых образцов при всех температурах (850, 900, 950 °С) было сформировано покрытие, состоящее из двух слоев с толщинами от 6,1 до 29,4 мкм и от 0,3 до 1,4 мкм соответственно (рис. 1). Грубых дефектов внешнего слоя дисилицида молибдена в виде трещин выявлено не было. В химическом

контрасте не наблюдалось границ зерен, но следы обратной диффузии молибдена в MoSi_2 (рис. 1, б) указывали на то, что MoSi_2 имел столбчатую структуру, несмотря на низкую температуру силицирования.

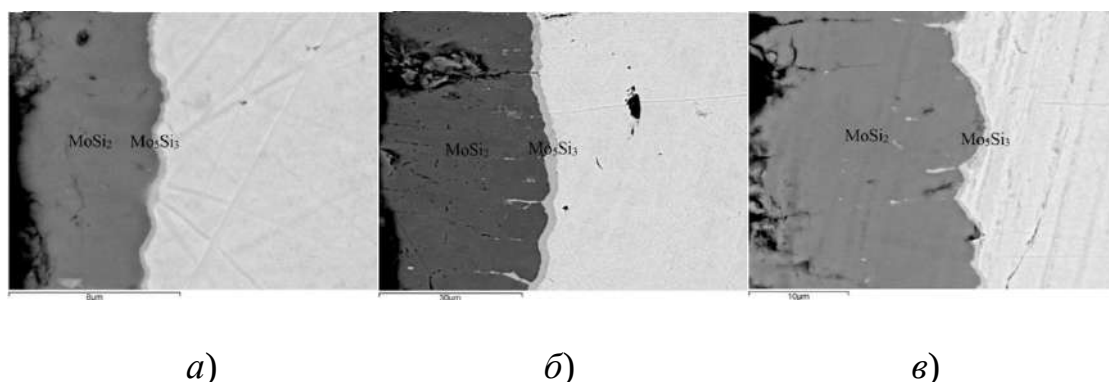


Рис. 1. Микроструктура покрытий, полученных силицированием молибдена в виброкипящем слое в течение 2 ч при температурах 850 (а.), 900(б) и 950 °С (в)

Анализ микроструктуры окисленных образцов, не выявил образование заметной внешней оксидной пленки SiO_2 (рис. 2). У образца, силицированного при 850 °С, был обнаружен активный рост фазы Mo_5Si_3 и уменьшение толщины MoSi_2 (рис. 2 а). При исходной толщине дисилицидного слоя около 6 мкм за 1,5 часа отжига, имело место сильное повреждение основного металла с образованием рыхлости и каверн размером до 20 мк. В районе подобных дефектов наблюдалось отслоение внутреннего слоя Mo_5Si_3 .

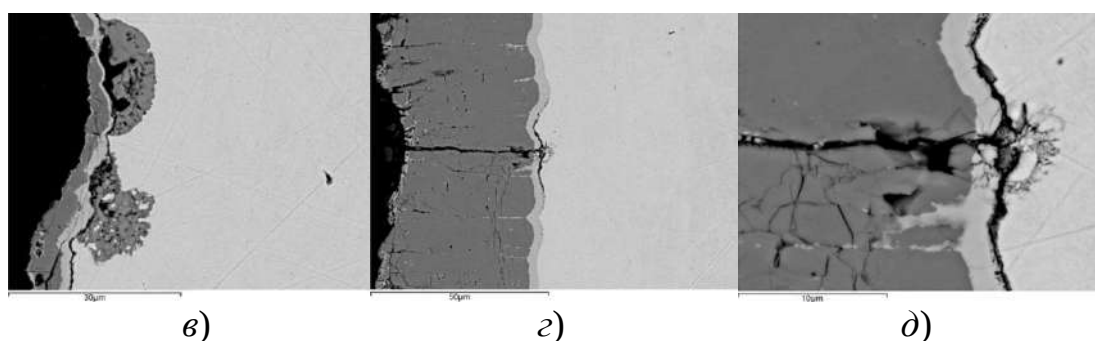
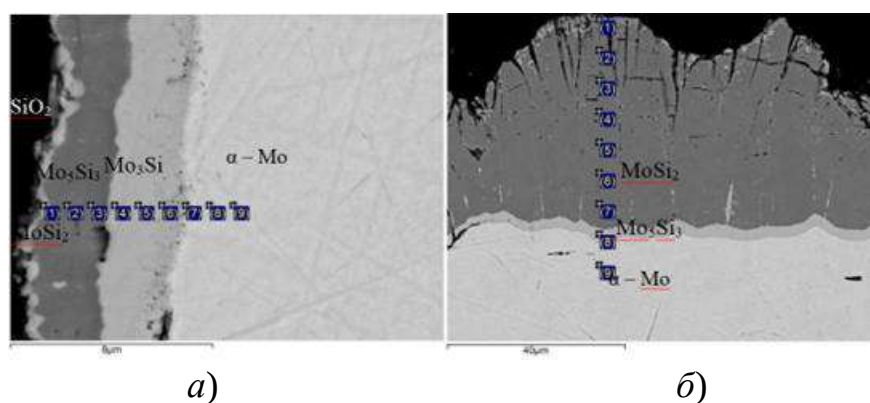


Рис. 2. Микроструктура покрытий образцов, силицированных при 850 °С (а, в) и 950 °С (б, г, д), после окисления в течение 1,5 ч при 1300 °С

У образца, силицированного при 950 °С, существенного изменения в соотношении толщин слоев покрытия не было выявлено (рис. 2, б). В слое MoSi_2 были обнаружены единичные магистральные трещины, которые вероятнее всего совпадают с границами исходной столбчатой структуры. Повреждение основного металла при исходной толщине внешнего дисилицидного слоя около 30 мкм представляло собой малые участки рыхлости размерами не более 5 мкм. В районе данного повреждения также наблюдалось отслоение внутреннего слоя Mo_5Si_3 .

Результаты данного исследования показали, что применение метода ВКС с уменьшением температуры и времени силицирования не привело к устранению столбчатой структуры внешнего слоя MoSi_2 . При этом покрытия толщиной около 30 мкм, полученные при температуре 950 °С с выдержкой 120 минут, уже демонстрируют защитные свойства для температур отжига до 1300 °С.

Список использованных источников

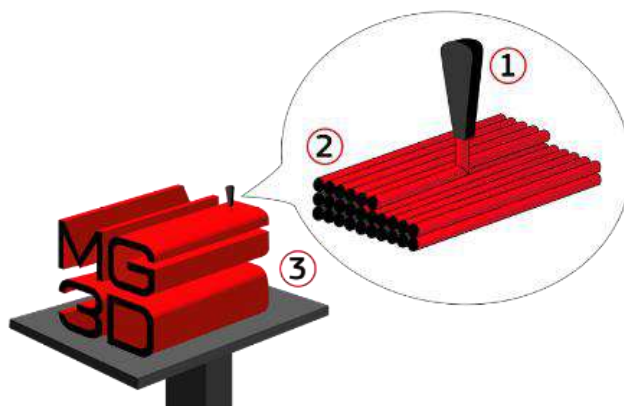
1. Chaudhuri, A. et al. Hot deformation behaviour of Mo-TZM and understanding the restoration processes involved. // *Acta Materialia*. 2019 – Vol. 164. – P. 153–164.
2. Khlyustova, A. et al. Comparison of two types of plasma in contact with water during the formation of molybdenum oxide // *Curr. Appl. Phys.* 2020 – Vol. 20. – P. 1396–1403.
3. Pan, Y.; Zhang, J. Influence of noble metals on the electronic and optical properties of the monoclinic ZrO_2 : A first-principles study // *Vacuum*. 2021 – Vol. 187. – P. 110–112.
4. Литовченко С.В. Силицидные покрытия на молибдене: получение, структура, свойства / С.В. Литовченко [и др.] // *Физическая инженерия поверхности*. 2012. Т. 10. № 2. С. 110–137.
5. Cai, Z. et al. Oxidation behavior and microstructural evolution of a slurry sintered Si–Mo coating on Mo alloy at 1650 °C // *Surface and Coatings Technology*. 2017. –V. 324. –P. 182–189.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аддитивные технологии- это процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем [1, 2].

FDM (или FFF «fused filament fabrication» («производство способом наплавления нитей»)) – метод моделирования послойного наплавления, данная технология широко используется для создания 3D моделей и отлично подходит для прототипирования, и промышленного производства. Для печати используются термопластики (филамент) [3].

Современное производство оптических линз сталкивается с рядом проблем, связанных с высокой точностью и сложностью изготовления. Традиционные методы имеют ограничения по разрешению и гладкости что затрудняет их массовое производство, в данной работе



проводился анализ цилиндрических образцов пластика, изготовленных методом FDM 3D печати с целью оценки их оптических свойств. Рассматриваются вопросы влияния параметров печати на конечные характеристики изделий.

Главной концепцией работы является определение оптимальных условий печати и предложить рекомендации для дальнейшего совершенствования технологий 3D-печати оптических элементов, что может найти применение в медицине, оптоэлектронике, автомобильной промышленности и других сферах человеческой деятельности.

Для разработки 3D-моделей оптических линз были подобраны параметры и выбраны материалы - термопластик PLA для FDM, также были настроены параметры печати цилиндрических образцов - толщина слоя, скорость, температура (Рисунок 1). Были напечатаны первичные образцы цилиндрической формы разной толщины. Проведены экспериментальные измерения спеткров пропускания данных образцов. Графические модели образцов подготавливались в программном обеспечении Prusa slicer для создания их цифрового варианта и последующей печати на 3д принтере Ender3 S1 plus.

Были использованы следующие параметры для образцов:

- Диаметр сопла: 0.2 мм, 0.4 мм, 0.6 мм, 0.8 мм;

- Толщина монослоя: 0,05 мм, 0.08 мм;
- Толщина образца: от 0.2 мм до 5 мм.

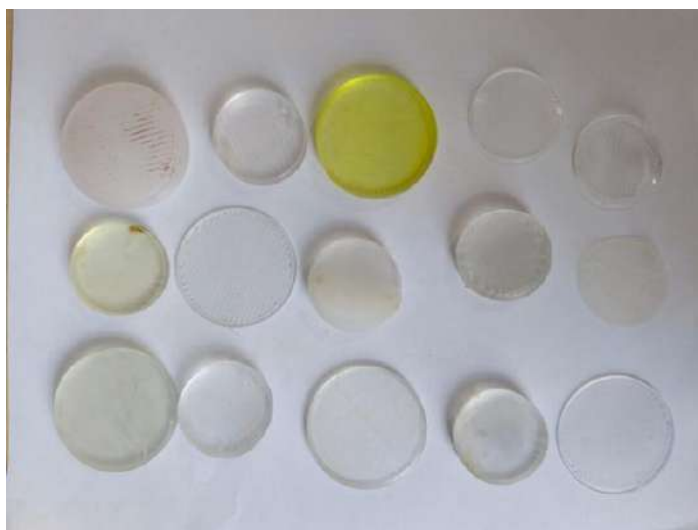


Рисунок 1. Распечатанные образцы пластика

Температура печати поддерживалась в диапазоне от 210 до 230 градусов по Цельсию для PLA , применялся обдув в 30% от максимальной мощности вентиляторов 3д принтера .

Измерения проводились на Спектрофлуориметре Солар СМ2203. Спектры пропускания образцов в диапазоне от 200 нм до 1100 нм приведены на рисунках 2, 3.

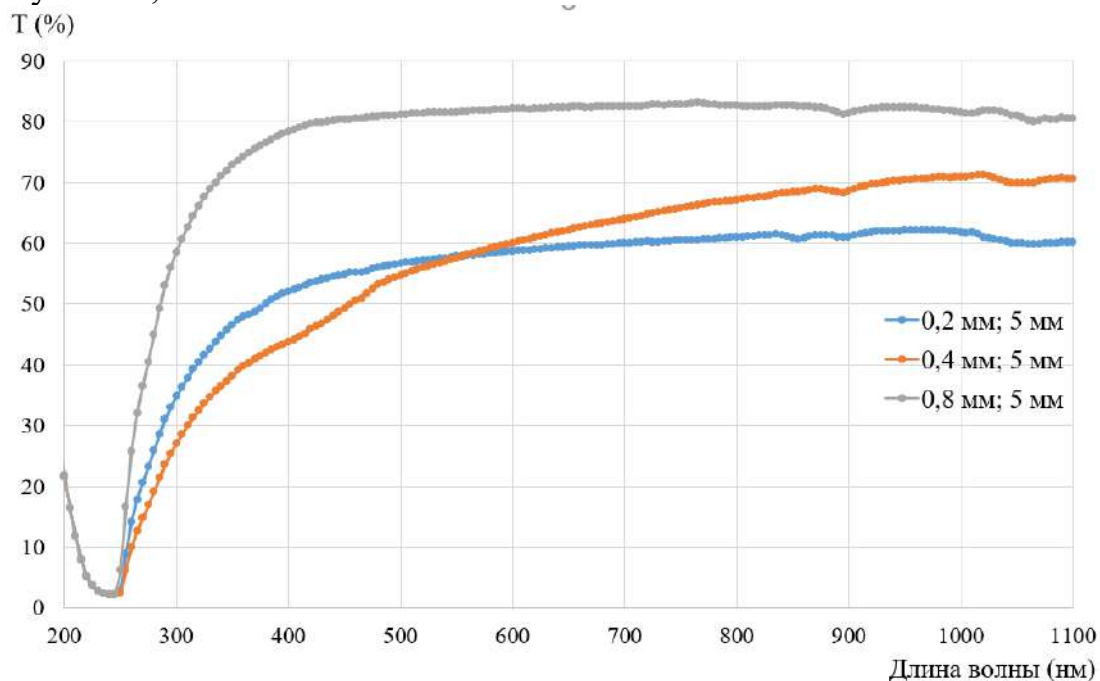


Рисунок 2. Зависимость спектров пропускания образцов толщиной 5 мм, с разным диаметром сопла при печати

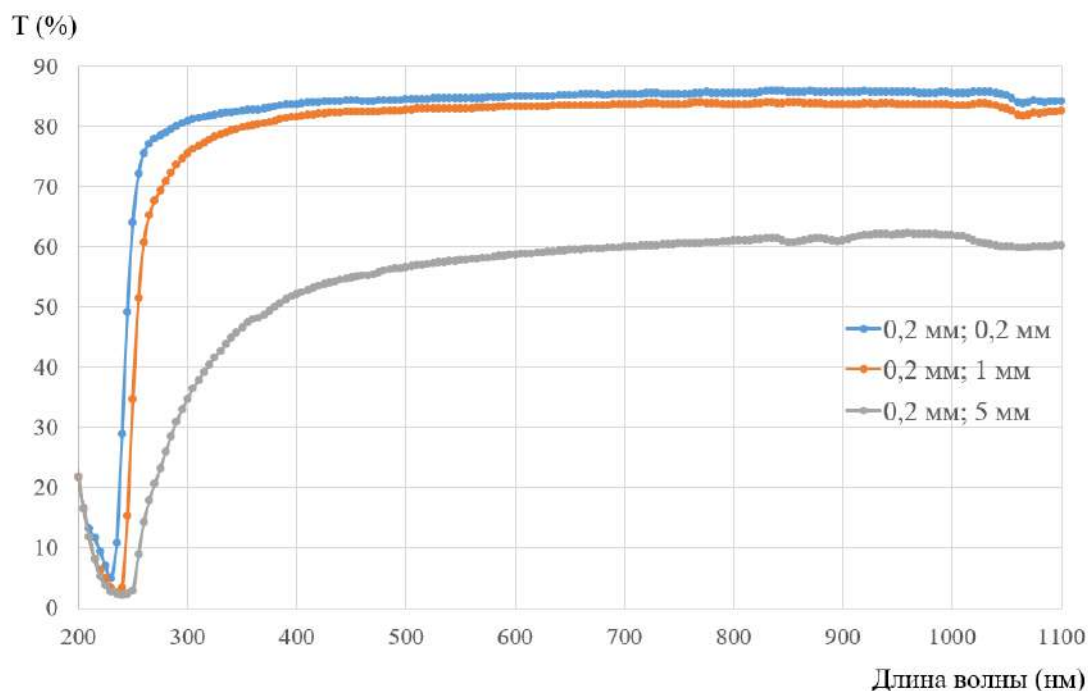


Рисунок 3. Зависимость спектров пропускания образцов разной толщины, при диаметре сопла 0,2 мм

Из графиков спектров пропускания видно, что диаметр сопла значительно влияет на эффективность пропускания света образцами. Наилучшее пропускание наблюдается для диаметра сопла 0,8 мм. Толщина также значительно влияет на пропускание света образцами. С ростом толщины поглощение света увеличивается.

Выводы.

Метод FDM может быть применим для создания недорогих прототипов оптических элементов. Дальнейший этап проведения постобработки изделий и определение влияния постобработки на качество изделий из прозрачного пластика. Также в дальнейшем планируется провести сравнение с образцами, изготовленными методом DLP-SLA, который потенциально обеспечивает более высокое качество.

Источники:

1. ГОСТ Р 57558–2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения. Дата обращения: 11 апреля 2023. Архивировано 12 апреля 2023 года.
2. Шишковский, И. В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. — Спб.: Питер, 2016. — 400 с. — ISBN 978-5-496-02049-7
3. Технологии Аддитивного Производства, Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер, Перевод с англ. под научной ред. И.В. Шишковского. М.: Изд-во Техносфера, - 2016. - 656 с

КЛАСТЕРНО-АССОЦИАТНАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОСТИ ШЛАКОВОЙ
СИСТЕМЫ $\text{CaO-SiO}_2\text{-10\%Al}_2\text{O}_3\text{-10\%MgO-MnO}$

Шлаковая система $\text{CaO-SiO}_2\text{-10\%Al}_2\text{O}_3\text{-10\%MgO-MnO}$ широко применяется в металлургии, особенно при производстве высокомарганцевых сталей и пружинной стали. Она обеспечивает эффективное удаление примесей и улучшение качества стали. Её состав и свойства позволяют эффективно управлять процессами рафинирования и улучшать качество конечного продукта [1].

При оценке фазового состава шлаков речь чаще всего идет о твердых, застывших шлаках, в которых обнаруживают различные фазовые составляющие: силикаты, алюминаты и т.д. Огненно-жидкие шлаки согласно ионной теории являются однофазными, состоящими из простых и сложных ионов. Однако существует и точка зрения о наличии в жидких шлаках ассоциатов, имеющих не только ближний, но и определенный дальний порядок, являющийся результатом ориентационного упорядочения существующих в жидкости комплексов. Внутри этих комплексов возможно усиление жестких ковалентных связей, что дает основание предполагать о большей степени молекулярности расплава относительно твердого вещества [2]. Это позволяет использовать такие шлаки для наших исследований по температурной зависимости вязкости.

В лаборатории «Бор» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева (ХМИ им. Ж. Абишева) нами были экспериментально исследованы шлаки системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-10\%Al}_2\text{O}_3\text{-10\%MgO-MnO}$. Данная система относится к огненно-жидким шлакам и наличие по ним надежного банка справочных данных физико-химических величин значительно облегчает анализ сложных металлургических процессов.

Для получения уравнений по кластерно-ассоциатной модели [3] для каждого шлака из экспериментальных данных были взяты по три реперные точки (η_1 и T_1 , η_2 и T_2 , η_3 и T_3).

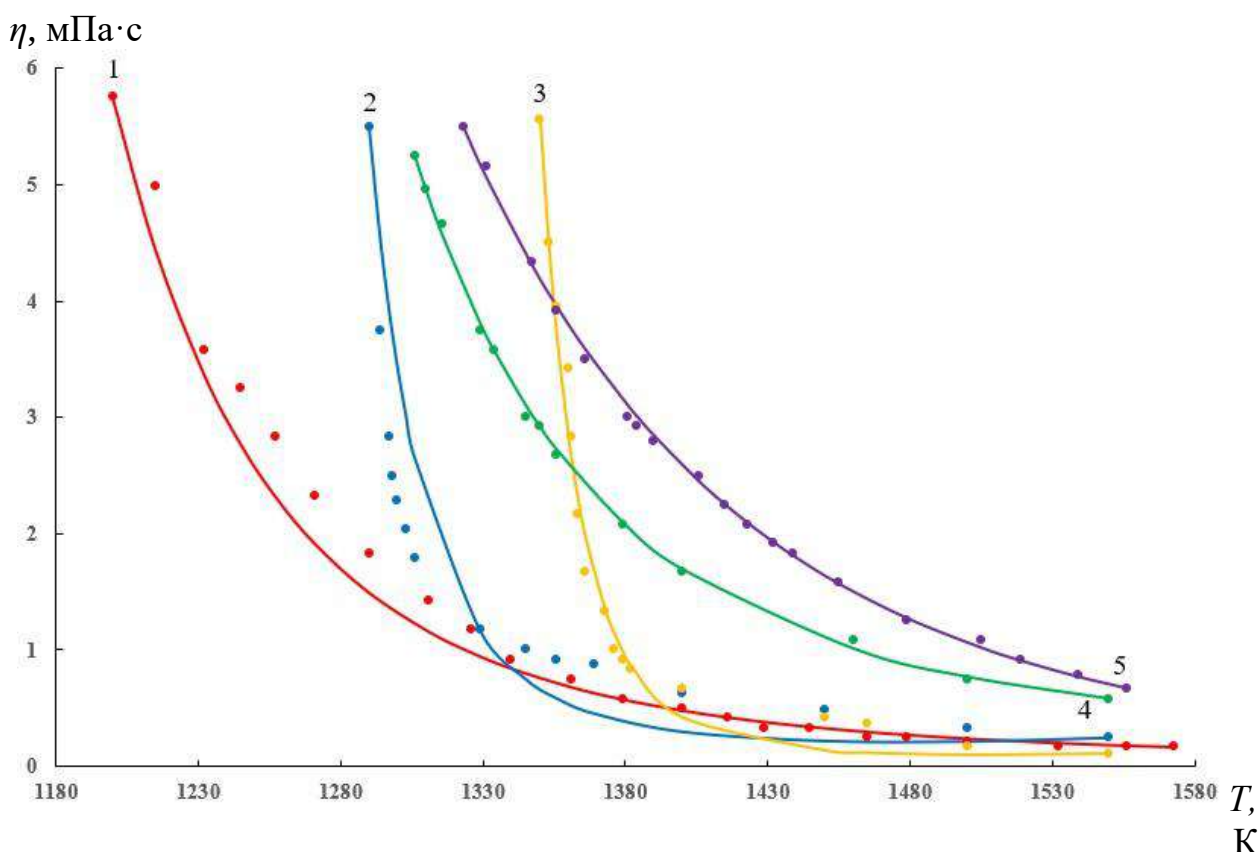
По формуле

$$\eta = \eta_1 \left(T_1 / T \right)^{a_2 (T_2 / T)^b} \quad (1)$$

произведены расчеты и получены необходимые данные. Результаты расчетов сопоставления экспериментальных данных с расчетными по уравнению (1) представлены на рисунке 1 в виде графиков. По экспериментальным и по расчетным данным коэффициент нелинейной множественной корреляции высокий для 5 шлаков. Все полученные результаты приведены в *таблице 1*.

Таблица 1 – Новые уравнения для исследуемой шлаковой системы CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO

№ шлака	η , мПа·с (по кластерно-ассоциатной модели)	Коэффициент корреляции
1	$\eta = 5,75 \left(\frac{1200}{T} \right)^{16,4987 (1379/T)^{1,8052}}$	R=0,989, $t_R=195,699$
2	$\eta = 5,5 \left(\frac{1290}{T} \right)^{51,9647 (1329/T)^{7,3272}}$	R=0,866, $t_R=12,451$
3	$\eta = 5,56 \left(\frac{1350}{T} \right)^{84,6726 (1373/T)^{9,0103}}$	R=0,989, $t_R=177,143$
4	$\eta = 5,25 \left(\frac{1306}{T} \right)^{17,7044 (1350/T)^{2,3134}}$	R=0,999, $t_R=2556,094$
5	$\eta = 5,5 \left(\frac{1323}{T} \right)^{13,2954 (1415/T)^{0,2545}}$	R=0,999, $t_R=3286,338$



Точки – по экспериментальным данным, линии – по уравнению (1)
Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости №1-5 шлаков системы CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO от температуры

По модели Френкеля были получены значения энергии активации текучести для шлаков системы CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO, чтобы можно было получить значение энергии активации

$$E_a = R \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (5),$$

приходящейся на 1 кластер. Для этого необходимо посчитать средневзвешенное значение степени ассоциации кластеров

$$\bar{a} = \frac{\sum_1^n a_i T_i}{\sum_1^n T_i} \quad (6).$$

Полученные результаты приведены в *таблице 2*.

Таблица 2 – Данные по энергии активации E_a (5), средневзвешенным значениям степени ассоциации кластеров (6) и отношение $E_a/\bar{a}$

№ шлака	E_a	$\bar{a}$	$E_a/\bar{a}$
1	148,16	16,89	8,77
2	197,64	47,95	4,12
3	341,25	76,16	4,48
4	151,96	17,01	8,93
5	154,65	25,23	6,13

Заключение

1. Для проверки кластерно-ассоциатной модели вязкости проведены экспериментальные исследования на примере сложных соединений – шлаки системы CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO.

2. Синтезировано 5 шлаков в лаборатории «Бор» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева.

3. Установлена высокая адекватность рассчитанных и экспериментальных данных, что указывает на возможное применение разработанных моделей вязкости в дальнейшем.

4. Полученные результаты позволяют прогнозировать предлагаемую зависимость, как в области высоких, так и низких температур.

5. Определено значение энергии активации вязкого течения на основе уравнения Френкеля для исследуемых шлаков системы CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO.

Список использованной литературы:

1. Sniegoň M., Tkadlečková M., Huczala T., Michalek K., Chudobová L., Strouhalová M., Walek J., Pieprzyc J. Thermodynamic analysis of CaO-SiO₂-10%Al₂O₃-10%MgO-MnO system // Proceedings 30th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials. – [Конференция - МЕТАЛЛ](#) 2021 May 26-28, 2021, Brno, Czech Republic, EU.
2. Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R. Mathematical model of charts melt viscosity of the CaO-siO₂-Al₂O₃ – MgO // Metallurgija. – 2019, – Vol. 58, No. 1 P. 19-21.
3. Малышев В.П., Бектурганов Н.С., Турдукожаева (Макашева) А.М. Вязкость, текучесть и плотность веществ как мера их хаотизации. – М.: Научный мир, 2012. – 288 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМОСИЛИКОХРОМА

На основе модели многокомпонентной системы Fe–Cr–Si–Al–C–O проведено термодинамическое моделирование процесса получения комплексного сплава алюмосиликохрома (АХС). Расчёты выполнены в температурном диапазоне 500–1900 °С при расходе твердого восстановителя 54,77 кг на 100 кг рудной смеси. В модели учитывались равновесные состояния фаз и условия восстановления основных оксидов Cr_2O_3 , SiO_2 и Al_2O_3 с формированием металлической фазы, а также карбидных и силицидных соединений. Проведенные расчеты, в полной мере позволяют рассмотреть все физико-химические процессы, протекающие при выплавке АХС [1].

Согласно поставленным задачам была проведена термодинамическая оценка возможности выплавки алюмосиликохрома заданного состава и построена диаграмма фазового строения металлической системы Fe–Al–Si–Cr в гомогенно-жидком состоянии с установлением перечнем элементарных тетраэдров. Диаграмма фазового состава системы Fe–Al–Si–Cr имеется, но она отражает её низкотемпературное состояние. Она может быть использована для оценки фазового состава комплексных сплавов, в частности алюмосиликохрома в твердом, застывшем состоянии. В связи с этим, была поставлена задача, создать диаграмму, позволяющую оценить фазовый состав алюмосиликохрома в расплавленном, высокотемпературном состоянии. С помощью данной диаграммы можно прогнозировать фазовый состав алюмосиликохрома при различных весовых содержаниях в них элементов, тем самым показывая, в какой точке пространства этих объемов формируются лучшие сорта получаемого металла.

Для расчета сосуществующих фаз в системе Fe–Cr–Si–Al–O–C были использованы термодинамические данные из базы HSC Chemistry 6, основанной на международной базе SGTE. Погрешность расчетов в комплексе не превышает 4–6 %, что допустимо для прогнозирования равновесных фаз в металлургических системах. Расчёты выполнены с использованием модуля “Equilibrium Compositions” и алгоритма минимального потенциала Гиббса.

В термодинамическом моделировании учтены следующие основные положения:

- 1) Температурный диапазон моделирования — от 500 до 1900 °С. Нижний предел отражает стандартное состояние, верхний — зону активного образования сплава и шлаковых фаз.

- 2) Давление во всех расчётах установлено на уровне 0,1 МПа, что соответствует условиям реального электропечного процесса.
- 3) Система рассматривалась как замкнутая, без тепло- и массопереноса с внешней средой.
- 4) Расход твердого восстановителя (углерода) составлял 54,77 кг на 100 кг рудной смеси, при следующем компонентном составе: Cr_2O_3 — 27 кг; SiO_2 — 29 кг; Al_2O_3 — 12 кг; Fe_2O_3 — 15 кг; CaO — 3 кг; MgO — 8 кг.

В качестве продуктов фазообразования были заданы соединения, характерные для металлической, шлаковой и газовой фаз. В металлической фазе учитывались Cr, Fe, Al, Si, Cr_3Si , CrSi_2 , FeSi , Fe_2Al_5 , Cr_2Al , а также карбиды Cr_3C_2 , Fe_3C . Шлаковая фаза включала Cr_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ и другие комплексные оксиды. В газовую фазу входили CO, CO_2 , SiO, AlO, Al_2O и др [3,4].

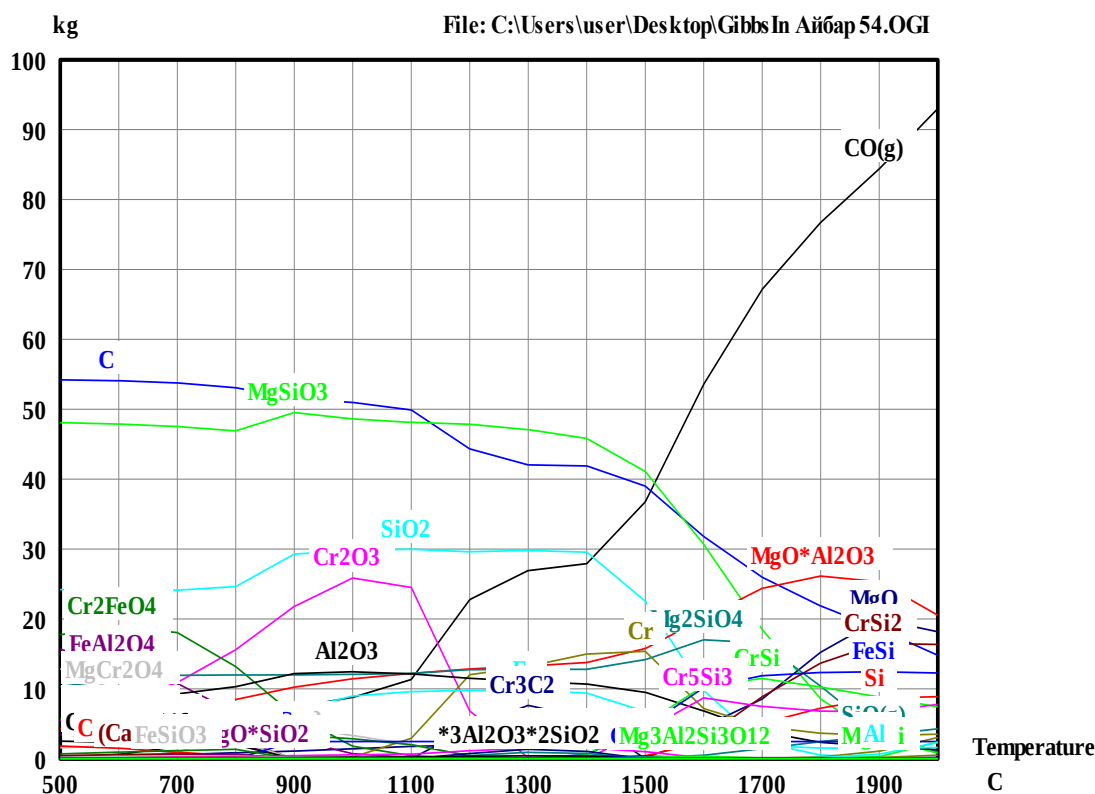


Рисунок 1 - Зависимость состава конденсированной и газовой фазы от температуры (расход твердого углерода 54,7 кг на 100 кг рудной смеси)

Моделирование показало, что при расходе восстановителя 54,77 кг восстановительные процессы начинаются при температуре 1100–1200 °С. При дальнейшем повышении температуры наблюдается активное формирование металлической фазы. В диапазоне 1600–1800 °С основными фазами, входящими в состав металла, становятся CrSi_2 , Cr_3Si , FeSi . Образование карбидов Cr_3C_2 , Cr_7C_3 происходит в верхнем интервале температур (1800–

1900 °C) и свидетельствует о насыщении системы углеродом при остаточном присутствии оксидов [5].

Таким образом, при расходе 54,77 кг восстановителя достигается баланс между восстановлением Cr, Si и Al и формированием стабильного металлического сплава с преобладанием фаз CrSi_2 , Cr_2Al и FeSi . Температурный диапазон 1600–1800 °C является оптимальным для получения АХС заданного состава с минимальными потерями легирующих компонентов в шлак и газ. Полученные результаты рекомендуются в качестве расчетной базы для дальнейших технологических испытаний в условиях ферросплавного производства.

Список использованных источников

1. Шабанов Е.Ж., Байсанов С.О., Исагулов А.З., Лоран К., Байсанов А.С. Фазовая диаграмма строения систем Fe-Al-Cr и Si-Cr-Fe при температурах плавления // Междунар. науч.-практ. конф. «Наука, образование и производство – ведущие факторы стратегии «Казахстан–2050» (Сагиновские чтения № 6). – Караганда, 2014. – С. 379-381
2. Махамбетов Е.Н., Тимирбаева Н.Р., Байсанов А.С. и др. Термодинамический анализ восстановительных процессов выплавки ферросплавов из техногенных отходов угольной и металлургической промышленности // Труды конгресса «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований. ТЕХНОГЕН-2019». – Екатеринбург, 2019. – С. 288-290.
3. Шевко В.М., Каратаева Г.Е., Бадикова А.Д. и др. Термодинамическая модель влияния температуры и углерода на получение ферросплава и карбида кальция из базальта месторождения Дуберсай // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – № 3. – С. 86-94.
4. Scientific Group Thermodata Europe 2017 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.factsage.com/>. свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 04.06.2018)
5. Байсанов С.О., Шабанов Е.Ж., Байсанов А.С. Вовлечение в металлургический передел отходов угольной и ферросплавной промышленности с получением лигатуры с хромом // Труды Университета. – 2017. – № 4. – С. 24-26.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАФИНИРОВАННОГО ФЕРРОХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО ВОССТАНОВИТЕЛЯ АЛЮМОСИЛИКОХРОМА

Применение традиционных восстановителей, таких как алюминий и ферросилиций, при производстве рафинированного феррохрома сопровождается высоким уровнем угара, неравномерным усвоением активных элементов и увеличенными затратами на легирование. Комплексный сплав алюмосиликохром (АХС) представляет собой более эффективную альтернативу, сочетающую восстановительные свойства алюминия и кремния, а также функцию легирующего компонента за счет содержания хрома [1].

Сплавы типа АХС получают при одностадийной электротермической выплавке в бесшлаковом режиме. В качестве сырья используются: некондиционные отходы хромитовой руды, высокозольные угли (зольность 40–55%), кварцит, вторичный алюминий, а также отсеvy высокоуглеродистого феррохрома. При этом обеспечивается высокая степень вовлечения компонентов в расплав и минимизация потерь [2]. Величина угара алюминия и кремния при использовании АХС составляет не более 10–12%, тогда как в традиционных схемах она может достигать 30% [3].

Средний химический состав комплексного восстановителя представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав АХС

Элемент	Cr	Si	Al	C	P, S
масс %	12–30	35–60	12–25	0,3–0,9	менее 0,05%

Растворимость АХС в жидкой стали выше по сравнению с отдельным введением ферросилиция и алюминия. Это обеспечивает не только снижение расхода раскислителей, но и более полное усвоение легирующих элементов, улучшение структуры стали и уменьшение количества неметаллических включений.

Технологические испытания показали, что применение АХС позволяет:

- 1) сократить общее количество используемых восстановителей до 20–25%;
- 2) улучшить структурную однородность рафинированного феррохрома;

- 3) снизить энергозатраты на плавку до 12%;
- 4) упростить металлургическую схему легирования при выплавке сталей марки 30X13Л и аналогичных.

Растворимость и активность АХС при температурах 1500–1600 °С подтверждают его пригодность как единственного восстановителя и раскислителя при выплавке низкоуглеродистого и среднеуглеродистого феррохрома. Применение сплава также уменьшает загрязнение шлаков алюминатами и силикатами, повышая экологичность и металлургическую гибкость процесса [4].

Для выплавки комплексного сплава используется высокосольный уголь, не применяемый в энергетических целях, и отсеvy высокоуглеродистого феррохрома, непригодные для раскисления стали, содержащие алюминий, кремний, хром, углерод, железо и примесные элементы (фосфор и сера). Сплав отличается тем, что для повышения раскисляющей и модифицирующей способности дополнительно добавляются титан, кальций и магний в следующих соотношениях компонентов (в % по массе): алюминий - 12-25; кремний - 35-60; хром - 12-30; углерод - 0,3-0,9; титан - 0,2-1,3; кальций - 0,8-2,7; магний - 0,05-0,2; примесные элементы (фосфор и сера) - 0,04-0,16; железо - остальное. Качество сплава подтверждается высокими показателями при производстве средне- и низкоуглеродистых марок феррохрома, а также при раскислении и частичном легировании стали, получаемых электротермическим способом из шихтовых материалов [5]. Такой сплав позволяет полностью отказаться от использования 45%-го ферросиликохрома и алюминия, что упрощает подготовку раскислителей на стадии выплавки стали. Оптимальное соотношение компонентов сплава обеспечивает высокие технико-экономические показатели его производства и улучшает качество обработанной стали, снижая количество неметаллических включений, представленных как простыми оксидами элементов, так и сульфидными фазами. Рекомендованная плотность алюмосиликохрома превышает плотность шлака и меньше плотности металла, что способствует минимальному угару компонентов при раскислении и легировании стали, то есть реакции происходят в объеме металла и на границе металл-шлак.

Использование алюмосиликохрома эффективно для раскисления не только при производстве феррохрома, но и в сталеплавильных процессах при выплавке коррозионностойких сталей, позволяя снизить содержание неметаллических включений и улучшить свариваемость готовой продукции. Сплав характеризуется плотностью, промежуточной между шлаком и металлом, что способствует глубинному протеканию раскислительных реакций [6].

Как показывает проведенный обзор, решение проблемы переработки высокомагнезистого хромитового сырья и проблемы силикатного распада при производстве рафинированного феррохрома должно быть направлено на поиск оптимального состава шлака. При этом использование различных

флюсующих добавок не оказывает достаточного влияния на свойства конечных шлаков и восстановление хрома из оксидных расплавов. Для снижения материальных и энергетических затрат процесс выплавки рафинированного феррохрома целесообразно проводить с использованием комплексных кремнеалюминиевых восстановителей, которые существенно влияют на состав конечных отвалных шлаков. Таким образом, создание и внедрение новых высокоэффективных технологий производства ферросплавов, включая алюмосиликохром, является стратегически важной задачей. Таким образом, алюмосиликохром представляет собой универсальный и высокоэффективный восстановитель, обеспечивающий стабилизацию процесса плавки, экономию сырья и повышение качества конечного металлического продукта.

Список использованных источников

1. Орлов А.С., Исагулов А.З., Сариев О.Р., Толымбеков М.Ж. Разработка технологии выплавки комплексного алюминий-хром-кремнийсодержащего сплава АХС из некондиционного сырья // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2018. - Т.61, №9. - С.714-720.
2. Leont'ev L.I., Grigorovich K.V., Kostina M.V. The development of new metallurgical materials and technologies // Steel in Translation. - 2016. - Part 1. - No.1. - P.6-15.
3. Мухамбетгалиев Е.К., Байсанов С.О., Роцин В.Е. Вовлечение некондиционного сырья в производство комплексного сплава // Материалы респ. науч.-практ. конф. «ЭКСПО. Технологии будущего». - Караганда, 2017. - С.268-272.
4. Baisanov S., Shabanov Ye., Baisanov A., Issagulov A., Laurent Ch. Diagram of phase structure of metallic system in liquid state // Proceedings of the Fourteenth International Ferroalloys Congress INFACON XIV. - 2015. - P. 540-547.
5. Шабанов Е.Ж., Байсанов С.О., Исагулов А.З., Лоран К., Байсанов А.С. Фазовая диаграмма строения систем Fe-Al-Cr и Si-Cr-Fe при температурах плавления // Междунар. науч.-практ. конф. «Наука, образование и производство – ведущие факторы стратегии «Казахстан–2050» (Сагиновские чтения № 6). – Караганда, 2014. – С. 379-381
6. Исагулов А.З., Байсанов С.О., Байсанов А.С., Азотте А., Шабанов Е.Ж. Аналитические выражения системы Fe–Al–Si–Cr и фазовый состав комплексного сплава алюмосиликохрома // Республиканский журнал «Труды Университета». – Караганда, 2016. – № 2. – С. 18-22

КҮРДЕЛІ ҚОРЫТПАЛАРМЕН БОЛАТТЫ ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРУ, ЛЕГІРЛЕУ ЖӘНЕ МОДИФИКАЦИЯЛАУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

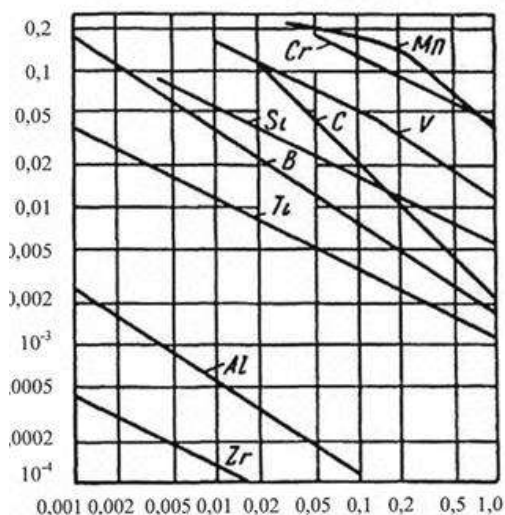
Элементтердің тотықсыздандыру қабілеті және олардың бір-бірінің тотықсыздандыру қабілетіне өзара әсері – бүгінгі күнге дейін өзектілігін жоғалтпаған, көптеген зерттеушілер зерттеген.

Элементтердің тотықсыздандыру қабілетіне қатысты мәліметтер балқыту және тотықсыздану процестерінде қандай бейметалдық қосындылардың түзілетінін және қандай элементтердің бірінші болып тотығатынын болжауға мүмкіндік береді [1].

Д. Чипман мен Д. Элиот бойынша элементтердің тотықсыздандыру қабілеті 1-суретте көрсетілген.

Өндірісте дәстүрлі түрде 110Г13Л болатын тотықсыздандыру үшін ең кең таралған және арзан тотықсыздандырғыштар қолданылады. Атап айтқанда, марганецті ферроқорытпалар (ферромарганец, силикомарганец), кремнийлі ферроқорытпа (ферросилиций), [2] сондай-ақ шойын алюминийі (чушковой алюминий) пайдаланылады.

Кремний оттегіге жоғары жақындыққа ие, бұл болатты тыныш күйге дейін тотықсыздандыруға мүмкіндік береді. Ол арзан әрі кең тараған ферросилиций түрінде қолданылады.



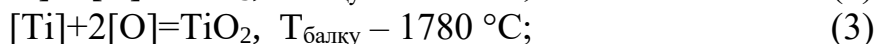
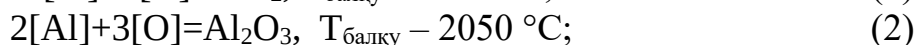
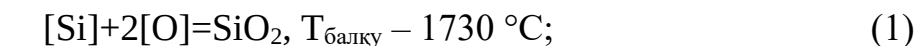
Сурет 1 - Элементтердің 1600 °C температурада тотықсыздандыру қабілеті [77]

Алюминий — өте жақсы тотықсыздандырғыш, сондай-ақ ол азотпен қосылыстар түзеді. Алюминийдің болуы күкіртсіздену үдерісінің неғұрлым толық жүруіне ықпал етеді. Алюминий болатқа екіжақты әсер етеді: бір

жағынан, нитридтердің түзілуі нәтижесінде түйіршіктерді ұсақтайды, екінші жағынан – алюминий нитриді қосылыстарының дән шекаралары бойында жұқа қабықтар түрінде орналасуы себебінен механикалық қасиеттердің төмендеуіне алып келеді [3].

Алюминийдің тиімділігі оның болаттағы мөлшері жүздік пайыздық үлесте болғанда байқалады. Өртүрлі зерттеушілердің деректері бойынша алюминийдің тотықсыздандыру қабілеті едәуір өзгешеленеді.

Болатты жеке элементтермен тотықсыздандыру кезінде бастапқы кезеңде таза металдардың оксидтері түзіледі, кейін бұл оксидтердің құрамы басқа оксидтердің еріп кетуі нәтижесінде өзгереді, мысалы, Al_2O_3 -тің MnO немесе SiO_2 -да еруі арқылы, не әлсіз тотықсыздандырғыштардың оксидтерін күшті тотықсыздандырғыштардың қалпына келтіруі нәтижесінде өзгереді. Бұл кезде басым болатын реакциялар келесідей:



Термодинамик тұрғыдан алғанда, (1–3) реакциялары нәтижесінде туындайтын отқа төзімді өнімдердің балқымада түзілуі бұл реакциялардың толық іске асуына және болаттың қажетті тотықсыздану деңгейіне жетуге мүмкіндік бермейді.

110Г13Л болатындағы оттектің мөлшері отқа төзімді SiO_2 оксидінің түзілуіне алғышарт жасайды, бұл өз кезегінде қосымша энергетикалық тосқауыл болып табылады [4].

Жеке тотықсыздандыру кезінде түзілетін корунд Al_2O_3 темір оксидтерімен қосылыстар түзбейді, ал алюмосиликаттардың түзілуі балқыманың көлемінде олардың күшті таралуына байланысты іс жүзінде жүзеге аспайды. Бұл шлифтерді зерттеу кезінде болат құрамында едәуір мөлшерде корундтың болуымен дәлелденеді.

Әдебиеттер тізімі

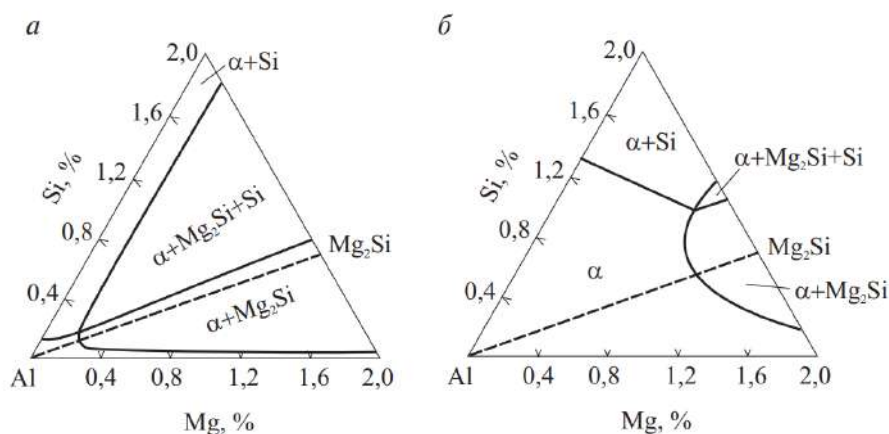
1. Андреев Е.Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: Учеб./Е. Е. Андреев, О. Н.Тихонов. -Санкт-Петербург: СПГИ (ТУ), 2007.-439 с.
2. Тен Э.Б., Лихолобов Е.Ю. Повышение качества отливок из стали 110Г13Л обработкой в ковше ферросиликоалюминием и титаном // Литейщик России, № 10, 2010 С. 18-21
3. Литейные сплавы и их зарубежные аналоги: Справочник Е.А.Чернышев. - М.: Машиностроение, 2016. - 336 с.: ил.
4. Производство стальных отливок: Учебник для вузов/ Козлов Л.Я., Колокольников В.М., Вдовин К.Н. и др. - М.: МИСИС, 2015. - 351 с.

АД31 АЛЮМИНИЙ ҚОРЫТПАСЫНЫҢ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

АД31 қорытпасы құрылыста, машина жасауда, көлік өнеркәсібінде, сондай-ақ терезе мен есік профильдерін өндіруде кеңінен қолданылады. Алайда, технологиялық және механикалық артықшылықтарына қарамастан, бұл қорытпа коррозияға төзімділіктің жеткіліксіздігіне ие, әсіресе жоғары ылғалдылық, тұздардың болуы және өнеркәсіптік ластану жағдайында. Бұл оның бірқатар пайдалану жағдайларында қолданылуын шектейді және оның коррозияға төзімділігін арттырудың тиімді әдістерін әзірлеуді талап етеді.

Осы зерттеудің өзектілігі АД31 қорытпасынан жасалған бұйымдардың қызмет ету мерзімін ұзарту қажеттілігіне, сондай-ақ коррозиядан зақымдалған элементтерге техникалық қызмет көрсету және ауыстыру шығындарының төмендеуіне байланысты. Бұл қорытпаның коррозияға төзімділігін арттыру әр түрлі жолдармен, соның ішінде легірлеу, термиялық және химиялық-термиялық өңдеу, сондай-ақ қорғаныс жабындарын қолдану арқылы мүмкін болады. Оңтайлы әдісті немесе олардың комбинациясын таңдау қорғаудың тиімділігін де, экономикалық және технологиялық факторларды да ескеретін кешенді талдауды қажет етеді.

Бұл жүйенің қорытпалары «авиал» деп аталады. Al–Mg–Si (1 сурет) күй диаграммасынан көрініп тұрғандай, Mg және Si Al негізіндегі қатты ерітіндідегі айнымалы ерігіштігімен сипатталады [1].



1 сурет – Al–Mg–Si жүйесінің күй диаграммасының изотермиялық қимасы
200 °C (а) және 550 °C (б) температурада

АД31 қорытпасының әлеуетін іске асыру үшін термиялық өңдеу қажет, өйткені бастапқы құйылған немесе деформацияланған құрылым жеткілікті беріктік пен коррозияға төзімділікке ие емес. Термиялық өңдеу фазалық құрамды, легірлеуші элементтердің таралуын және қатайтатын фазалардың

дисперсті құрылымын басқаруға мүмкіндік береді, бұл әсіресе кристалларалық және саңылау коррозиясына төзімділікті арттыру үшін маңызды [2].

УИ-25п индукциялық балқытуға арналған транзисторлы пешінде дайын МЕСТ бойынша пластина түрінде дайын АД31 қорытпасын балқыттық.

Қорытпаны қайта балқыту себебі коррозиялық төзімділігін арттыру әдістерінің бірі термиялық өңдеу жүргізу үшін арнайы үлгі дайындап алу үшін қажет болды.

Ең алдымен АД31 қорытпасының коррозиялық төзімділігін бағалау үшін МЕСТ бойынша дайын қорытпаны 3% натрий хлориді ерітіндісіне 3 тәулікке салып қойдық. Салмас бұрын үлгіміздің салмағын өлшедік. Үлгіміздің салмағы 38,35 грамм болды.

Уақыт жоғалтпас үшін қайта балқытылған үлгімізді термиялық өңдеуге жібердік.

АД31 қорытпасын термиялық өңдеудің негізгі мақсаты - жоғары механикалық қасиеттердің жақсы коррозияға төзімділігімен үйлесуін қамтамасыз ететін қорытпаның оңтайлы құрылымын қалыптастыру.

Әдебиеттік шолуларға сүйене отырып, Т6 термиялық өңдеуді қолдандық (кесте 1) [3].

Өңдеу сатылары	Температура, °C	Ұстау уақыты	Өңдеу мақсаты
Гомогенизация	500-550° C	4–12 сағат	Ликвацияны жою, құрылымды теңестіру
Шынықтыру	515–535° C	1–2 сағат	Қатты ерітіндіні бекіту
Жасанды ескіру	160–180° C	4–8 сағат	Беріктендіруші (Mg ₂ Si) фазалардың бөлінуі

1 кесте - АД31 қорытпаны термиялық өңдеу режимі

Толық термиялық өңдеуден кейін АД31 қорытпасының құрылымы көлемі бойынша біркелкі бөлінген MgZn₂ фазалық бөлшектері бар біркелкі алюминий матрицасы болып табылады. Осы үлестірімнің арқасында анодты және катодты учаскелердің пайда болуы алынып тасталады, бұл гальваникалық ұяшықтардың пайда болу ықтималдығын және нәтижесінде кристалларалық коррозияны азайтады. Термиялық өңдеуден кейінгі алынған нәтижелерге келсек, Wilson қаттылық өлшегіш құрылғысымен Виккерс бойынша 5 рет орташа мәнді анықтау үшін қаттылық өлшенді.

Бастапқы қаттылығы 58 НВ тең болды.

Нәтижесінде термиялық өңдеуге дейінгі үлгіде беткі қабатында коррозия іздері байқалды, ал термиялық өңдеуден өткен үлгіде коррозия белгілері анықталмады. Бұл термиялық өңдеудің қорытпаның коррозиялық төзімділігін арттыратынын көрсетеді. Термиялық өңдеу кезінде материал

құрылымында қайта кристалдану мен ішкі кернеулердің жойылуы байқалып, бұл оның химиялық тұрақтылығын күшейтті. Сонымен қатар, бетіндегі оксид қабатының біркелкі түзілуі де қорғаныш қасиетін арттырды (2 сурет).



2 сурет – Зерттеу сынамалары

Нәтижесінде термиялық өңдеуге дейінгі үлгіде беткі қабатында коррозия іздері байқалды, ал термиялық өңдеуден өткен үлгіде коррозия белгілері анықталмады. Бұл термиялық өңдеудің қорытпаның коррозиялық төзімділігін арттыратынын көрсетеді. Термиялық өңдеу кезінде материал құрылымында қайта кристалдану мен ішкі кернеулердің жойылуы байқалып, бұл оның химиялық тұрақтылығын күшейтті. Сонымен қатар, бетіндегі оксид қабатының біркелкі түзілуі де қорғаныш қасиетін арттырды.

Осылайша, тәжірибелік мәліметтер термиялық өңдеудің, әсіресе жасанды қартаюмен бірге жүретін Т6 режимінің АД31 қорытпасының коррозияға төзімділігін едәуір арттыратынын көрсетті және бұл әдіс өндірістік жағдайда да тиімді қолдануға болады деп санаймы

Әдебиеттер тізімі

1. Структура и свойства алюминиевых сплавов. Мондольфо Л.Ф. Пер.с англ. М., «Металлургия», 1979, 640 с.
2. Нартбай Е.Ж., Достоева А.М. AL-MG-SI жүйе қорытпаларының коррозияға тұрақтылығын бағалау // «Қазақстан-2050» Стратегиясын жүзеге асырудағы жастар ғылымының үлесі» атты Республикалық студенттік ғылыми конференцияның еңбектері (10-11 сәуір 2025 ж.) «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ – Қарағанды: ҚарТУ баспасы, 2025. – 499-500 беттер.
3. Dostayeva, A.M.; Yerahtina, I.I.; Zholmagambetov, N.R.; Medeubayev, N.A.; Zholmagambetov, S.R. Investigation of alumi-num-titanium alloys production and labor safety in metal smelting process. *Metalurgija* 2021, 60, 403–406.
4. Toleuova, A.R.; Dostayeva, A.M.; Zharkevich, O.M.; Adilkanovva, M.A. Calculating and experimental studying phase trans-formations in the al-zr-fe-si system alloys. *Metalurgija* 2020, 59, 543–546.
5. И. Н. Ганиев, А. П. Абулаков, Дж. Х. Джайлоев, Ф. А. Алиев, А. Р. Рашидов Коррозионно–электрохимическое поведение алюминиевого проводникового сплава E–AlMgSi (алдрей) с оловом в среде электролита NaCl// Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2019. - Т. 22, № 2. - С. 128—134. DOI: 10.17073/1609-3577-2019-2-128-134

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТНО-ВОЗДУШНЫХ
ЗАКАЛОЧНЫХ СРЕД

Закалка изделий из среднеуглеродистой конструкционной листовой стали толщиной 3-6 мм вызывает их значительное коробление. При площади $>0,5 \text{ м}^2$ даже закалка в масле не устраняет необходимости 100%-ной рихтовки деталей, выполняемой вручную. Применение специального закалочного прессы с душевым охлаждением несколько уменьшило коробление, но при этом на некоторых деталях были обнаружены закалочные трещины, возникающие в результате резкого охлаждения в спрейере. Уменьшение давления воды или времени охлаждения привело к появлению на деталях мягких пятен.

В настоящей работе исследовали возможность замены спрейерного охлаждения охлаждением водовоздушной смесью, которое при определенных условиях может заменить охлаждение в масле [1-3].

При водовоздушном охлаждении к охлаждаемой поверхности подается большое количество мельчайших капель быстродвижущейся жидкости. Соприкосновение капель с изделием и кратковременность контакта препятствуют перегреву жидкости и образованию устойчивой паровой рубашки, вследствие чего создаются благоприятные условия теплообмена на границе металл-вода.

Стадии кипения зависят от режимов водовоздушного охлаждения: давления и расхода воды, расстояния между охлаждаемой поверхностью и форсункой, положения форсунки (снизу, сверху, сбоку), плотности струи, размера образующихся при распылении капель.

Основной теплотехнической характеристикой любой закалочной среды или устройства для охлаждения принято считать зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры охлаждаемой поверхности $\alpha=f(T_{\text{пов}})$. Исследовали влияние давления воды и положения форсунки относительно охлаждаемой поверхности на охлаждающую способность водовоздушной смеси. Увеличение давления, а следовательно, и расхода воды приводит к значительному росту коэффициента теплоотдачи α . Например, при расположении форсунки сверху от охлаждаемой поверхности повышение давления смеси увеличивает α от 2000 до 10000 Вт/м²*град, а при расположении снизу – от 2500 до 7000 Вт/м²*град.

Это, по-видимому, объясняется тем, что при охлаждении от 300 до 100 °С на верхней поверхности изделия скапливается слой воды и процесс охлаждения протекает по механизму пузырькового кипения в водяном баке. При расположении форсунки снизу охлаждение поверхности происходит только за счет теплоотвода каплями жидкости, которые за время контакта с

охлаждаемой поверхностью не успевают полностью испариться и падают вниз, что приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи.

Установлено, что с уменьшением расстояния от форсунки до охлаждаемой поверхности максимальный коэффициент теплоотдачи наблюдается при более высоких температурах вследствие увеличения кинетической энергии капель жидкости. При этом величина максимума коэффициента теплоотдачи примерно одинакова, т.к. удельный расход воды на единицу охлаждаемой поверхности изменяется незначительно.

На рис. 1 представлены результаты, полученные при охлаждении пластины воздушной смесью по различным режимам. Видно, что при различном давлении сверху и снизу охлаждающая способность водовоздушной смеси примерно одинакова.

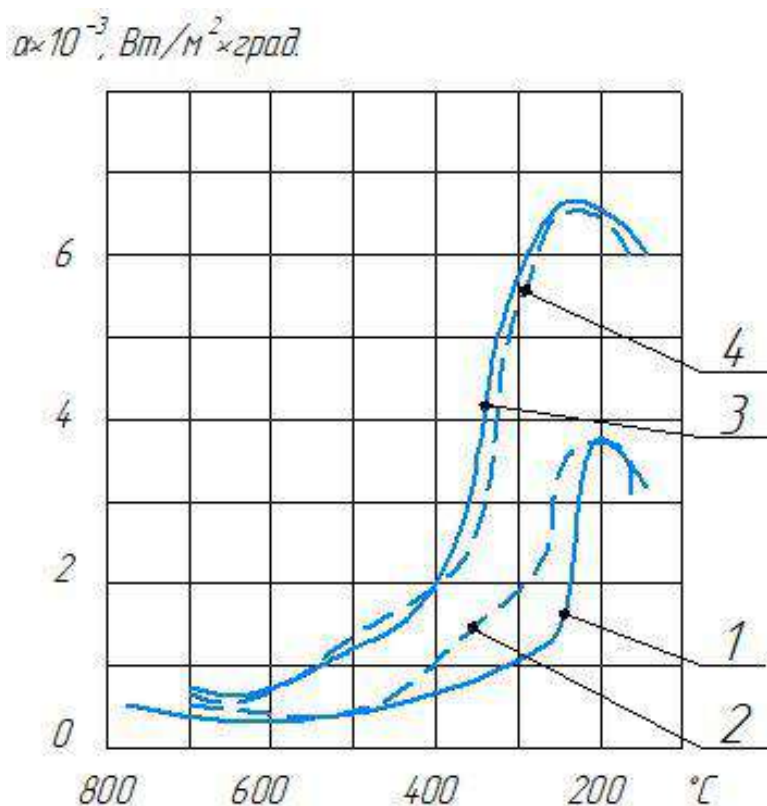


Рис. 1 зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности при закалке водовоздушной смесью пластины толщиной 4 мм из стали 35 под избыточным давлением.

1,4 - $19,6 \times 10^4$ Па; 2 - $14,7 \times 10^4$ Па; 3 - $34,3 \times 10^4$ Па: сплошные линии – форсунка расположена снизу; штриховые сверху.

Была проведена закалка опытной партии изделий по режимам: I (давление воды смеси $14,7 \times 10^4$ сверху и $19,6 \times 10^4$ Па снизу, время охлаждения 10 с) и II (давление воды смеси $19,6 \times 10^4$ сверху и $34,3 \times 10^4$ Па снизу, время охлаждения 7 с). После закалки по обоим режимам получена сквозная прокаливаемость листов. Твердость и степень коробления изделий,

закаленных по обоим режимам, соответствуют требованиям технических условий. Трещин не обнаружено.

Выводы.

1. Взамен спрейерного охлаждения предложены режимы закалки водовоздушной смесью, разбрызгиваемой центробежными форсунками. Применение водовоздушной закалки исключает брак по трещинам и резко уменьшает коробление плоских листовых изделий.

2. Форсунки рекомендуется располагать снизу и сверху от листового изделия. Для получения охлаждения одинаковой интенсивности по боковым поверхностям листа давление смеси снизу должно быть больше, чем сверху.

Список литературы

1. Спектор Я.И., Грачев А.П. Некоторые особенности охлаждения в водовоздушной смеси при индукционной закалке. – МиТОМ, 2002, №3, с 35.
2. Петраш Л.В. Закалочные среды, М.-Л.: Машиностроение, 2009, с. 112.
3. Материаловедение и технология обработки конструкционных материалов в приборостроении: учебное пособие / А.Н. Гормаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 340 с.

ШАМОТ КІРПІШТЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ (КҮЛ МЕН ҚОЖ) ӘСЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Зерттеулер Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің зертханасында жүргізілді. Зертханалар зерттеу нәтижелерін алу үшін барлық қажетті жабдықтармен жабдықталған. Тәжірибе жүргізу үшін келесі материалдар мен әдістер қолданылды.

Ғылыми зерттеулердің деректері негізінде Пархоменко зауытына шамот кірпішінің сынықтары, қож, күл қалдықтары сынамалары алынды.

Шамот кірпішінің сынықтары. Бұл жоғары жылу окшаулау және ыстыққа төзімді қасиеттерімен сипатталатын ескі отқа төзімді құрылымдарды бөлшектеу кезінде пайда болатын қалдықтар.

Доғалы болат балқыту өндірісінің қожы. Кальций, магний, кремний және алюминий оксидтерінен тұратын металлургиялық процестің өнімі. Бұл шлак көбінесе материалдардың механикалық қасиеттерін жақсарту үшін қосымша ретінде қолданылады.

ША маркалы отқа төзімді шамот өнімдерінің гранулометриялық құрамы (МЕСТ 390-96 сәйкес) материалдардың қажетті беріктігін, ыстыққа төзімділігі мен беріктігін қамтамасыз етудің маңызды аспектісі болып табылады. Гранулометриялық композиция бөлшектердің мөлшеріне қарай таралуын анықтайды және кеуектілік, қысу беріктігі және суды сіңіру сияқты қасиеттерге әсер етеді.

Үлгілерді ұнтақтау Еmax жоғары жылдамдықты шар наномельницасында жүргізілді, жоғарыда көрсетілген фракцияларды немесе гранулометриялық құрамды алу үшін әртүрлі параметрлер орнатылды.



1-сурет. Еmax жоғары жылдамдықты шар наномельницасы

ША маркалы шамот кірпіштерін жасау үшін мұқият таңдалған компоненттерден тұратын қоспа дайындалды: шамот, кварц құмы, саз және күл мен қож түріндегі қоспалар, МЕСТ-та белгіленген 390-96 пропорцияны сақтай отырып орындалды.

Қоспа біртекті масса алынғанша мұқият араластырылды, бұл фракциялардың қажетті таралуын және соңғы материалдың оңтайлы физика-химиялық сипаттамаларын қамтамасыз етті. Құрғақ қоспалар алдымен араластырылып, біртекті қоспаға жету үшін су бұрку арқылы қосылды.

Бастапқы құрамы:

Шамот (80%): құрамында шамамен 40-60% Al_2O_3 және SiO_2 бар негізгі компонент.

Кварц құмы (15%): құрылымды жақсарту және ыстыққа төзімділікті арттыру үшін қолданылады.

Саз (5%): құрамында 40% дейін Al_2O_3 және 50% дейін SiO_2 бар байланыстырушы компонент.

Күл мен қожды әр түрлі пропорцияда қосу:

Күл 2% - дан 25% - ға дейін өзгереді, бұл қоспадағы шамот үлесінің төмендеуіне әкеледі.

Алынатын үлгілер диаметрі 50мм, биіктігі 25 мм цилиндр қалыптағы үлгілер алу көзделді. 2-суреттен құрғақ қоспаны көруге болады.



2-сурет. Құрғақ қоспа үлгісі

Құрғақ қоспа бірінші ретте араластырылып, кейіннен әр шихтаға 10 г мөлшерінде су қосылды. Шихта орташа ылғалдылықта болды. Жартылай құрғақ престеу әдісімен үлгілер алынды.



3-сурет. РП-50 сериялы зертханалық гидравликалық пресс

Шихтаны араластырғаннан кейін алынған масса стандартты үлгілерді зертханалық пресс-үстелде 20 МПа қысыммен жүргізілді, бұл үлгілердің қажетті тығыздығы мен механикалық қасиеттерін қамтамасыз етті. Сығымдау беріктігін тексеру МЕМСТ 22951-83 "Отқа төзімді материалдар. Қысу беріктігін анықтау әдісі", бұл отқа төзімді материалдарды сынау стандарты [3].



4-сурет. Үлгілер

Жоғарыда көрсетілген суретте геометриялық ақаулары визуалды түрде сыналды. Пресстеу процессі үлгі параметрлеріне сай келетін қалыпта жүзеге асырылды.

Күйдіру SNOL 3/1100 пешінде кезең-кезеңімен жүргізілді: 100–200°C-та ылғал буланып, 400–600°C-та каолинит ыдырап, масса 0,5%-ға азаяды; 600–900°C-та кальций, магний қосылыстары мен қоспалар ыдырап, 2,5%-ға дейін шөгу байқалады. Соңғы күйдіру 1000–1400°C температурада өтеді. [4].

Үлгілердің қысу беріктігі гидравликалық пресс арқылы өлшеніп, нәтижесінде олардың беріктігі 15–20 МПа аралығында екені анықталды, бұл жоғары температуралы процестер үшін жеткілікті. Үлгілер 1300°C температурада сыналып, металлургия сияқты салаларда қолдануға жарамдылығы дәлелденді. Су беру әдісімен анықталған кеуектілік 15–18% аралығында болып, бұл жылу оқшаулау мен беріктікті арттыруға қолайлы.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. ГОСТ 390-96. Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения и массового производства. — М.: Издательство стандартов, 1997. — 40 с.
2. Лебедев, А.С. Технология огнеупорных материалов / А.С. Лебедев, В.П. Станкевич. — М.: Строиздат, 2015. — 280 с.
3. Петров, И.Н. Использование отходов в производстве строительных материалов / И.Н. Петров. — Нижний Новгород: НГТУ, 2017. — 122 с.
4. Смирнов, П.А. Влияние добавок на термические и механические свойства шамотных материалов / П.А. Смирнов. — М.: Химия, 2014. — 210 с.

АДАПТАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ УСЛОВИЯМ НА ПРИМЕРЕ КВАРЦЕВОЙ РУДЫ

Известно, что измельчение является процессом сложным, дорогостоящим и материалоемким. Хорошее измельчение рудных материалов способствует более глубокому, селективному и ускоренному протеканию физико-химических, в первую очередь, реакций флотационного обогащения, а также интенсификации других технологических процессов (сушки, обжига), проводимых в дальнейших переделах металлургического производства.

Авторами [1] была разработана вероятностная модель измельчения рудных материалов применительно к работе барабанных мельниц. Эта модель включала воздействие нескольких факторов на скорость измельчения фракций рудных зерен со средним диаметром d_j . Общая форма этой модели измельчения выглядит следующим образом:

$$P = -\frac{\partial P_j}{\partial \tau} = Z P_a P_{\text{ст}} P_{\text{конц}} P_j = k_j P_j, \quad (1)$$

где $P_{\text{конц}}$ – концентрационный, $P_{\text{ст}}$ – стерический, P_a – активационный (P_a), Z – частотный факторы; k_j – константа скорости разрушения зерен. При этом константа скорости разрушения материалов включает все необходимые параметры процесса: средний размер зерен j -й фракции, диаметр и плотность мелющего шара, плотность шара, массу и плотность воды в мельнице, массу и плотность шаровой нагрузки мельницы, масса руды в мельнице, угловая скорость вращения мельницы, внутренний диаметр мельницы, энергетический барьер разрушения зерна, молекулярную массу измельчаемого материала.

Проведем проверку новой модели измельчения в лабораторных условиях с использованием кварцевой руды.

Опыты проведены в лабораторной шаровой мельнице 62 МЛ на жильном кварце месторождения Актас (Карагандинская область) [2], используемом для выплавки особо чистого кремния. Состав руды (%): SiO_2 – 99,8; Al_2O_3 – 0,15; Fe_2O_3 – 0,03; CaO – 0,006; TiO_2 – 0,004. Столь чистую кварцевую руду с целью проверки принципиальной применимости вероятностной модели еще и представили монофракцией -1+0,5 мм со средним размером $7,5 \cdot 10^{-4}$ м. Масса загружаемой руды $G_z = 0,200$ кг, плотность $\gamma_z = 2650$ кг/м³. Стальные шары размером $d_{\text{ш}} = 0,0221$ м, массой $m = 0,0476$ кг, плотностью $\gamma_{\text{ш}} = 7874$ кг/м³ и общей массой $G_{\text{ш}} = 1,470$ кг загружали в мельницу вместе с водой массой $G_{\text{в}} = 0,350$ кг и плотностью $\gamma_{\text{в}} = 1000$ кг/м³.

Внутренний диаметр мельницы составил $D = 0,1455$ м, угловая скорость вращения ω для поддержания водопадного режима задавалась равной $1,87 \text{ с}^{-1}$.

Молекулярная масса кварца $M = 0,0601$ кг/моль, в качестве энергетического барьера активации в соответствии с нашими рекомендациями в [3] для кварца задана величина $E_a = 9170$ Дж/моль.

При фракционном анализе продуктов измельчения использовали набор сит, начиная с первой фракции $-1+0,5$ мм ($d_1 = 7,5 \cdot 10^{-4}$ м), далее вторая – $0,5+0,2$ мм ($d_2 = 3,5 \cdot 10^{-4}$ м), третья – $0,2+0,1$ мм ($d_3 = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м) и суммарно нижняя фракция $-0,1$ мм.

Так как в нашей модели все классы вплоть до любого нижнего учитываются по формуле $d_{j+1} = d_j/2$, авторы [2] сопоставляли выход нижнего класса $-0,1$ мм с суммой расчетных выходов фракций, начиная с четвертого, т.е. с $d_4 = 8,550 \cdot 10^{-5}$ м (для среднего размера $-0,1+0,071$ мм), по данной формуле с точностью 0,001 доли единицы по выходу каждой фракции.

Результаты расчета представлены в таблице и на рисунке.

Таблица – Зависимость экспериментального и расчетного выхода фракций ($P_{jэ}$ и $P_{jр}$) от продолжительности (τ) измельчения монофракции кварцевой руды $-1+0,5$ мм. Выделены расчетные значения для суммирования по классу $-0,1$ мм

j	$d_j, \text{ м}$	$k_j, \text{ с}^{-1}$	$\tau = 0$		$\tau = 900 \text{ с}$		$\tau = 1320 \text{ с}$		$\tau = 1800 \text{ с}$	
			$P_{jэ}$	$P_{jр}$	$P_{jэ}$	$P_{jр}$	$P_{jэ}$	$P_{jр}$	$P_{jэ}$	$P_{jр}$
1	$7,500 \cdot 10^{-4}$	$2,395 \cdot 10^{-3}$	1	1	0	0,116	0	0,042	0	0,013
2	$3,500 \cdot 10^{-4}$	$4,158 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,090	0,125	0,020	0,052	0	0,018
3	$1,500 \cdot 10^{-4}$	$2,262 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,400	0,307	0,255	0,207	0,125	0,105
4	$8,550 \cdot 10^{-5}$	$1,315 \cdot 10^{-3}$	–	0	–	0,304	–	0,361	–	0,310
5	$4,275 \cdot 10^{-5}$	$6,612 \cdot 10^{-4}$	–	0	–	0,127	–	0,262	–	0,375
6	$2,138 \cdot 10^{-5}$	$3,344 \cdot 10^{-4}$	–	0	–	0,020	–	0,068	–	0,154
7	$1,069 \cdot 10^{-5}$	$1,656 \cdot 10^{-4}$	–	0	–	0,001	–	0,007	–	0,023
8	$5,344 \cdot 10^{-6}$	$8,283 \cdot 10^{-5}$	–	0	–	0	–	0	–	0,001
9	$2,872 \cdot 10^{-6}$	$4,142 \cdot 10^{-5}$	–	0	–	0	–	0	–	0
	-0,1 мм		0	0	0,510	0,452	0,725	0,698	0,875	0,863
	Σ		1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

В целом сравниваемые массивы экспериментальных и расчетных данных без какого-либо систематического завышения или занижения достаточно адекватно отображают друг друга, о чем свидетельствует высокий коэффициент нелинейной множественной корреляции $R = 0,987$ и его значимость $t_R = 144 > 2$, которыми гарантируется статистическая надежность математической модели измельчения с 95 % уровнем достоверности.

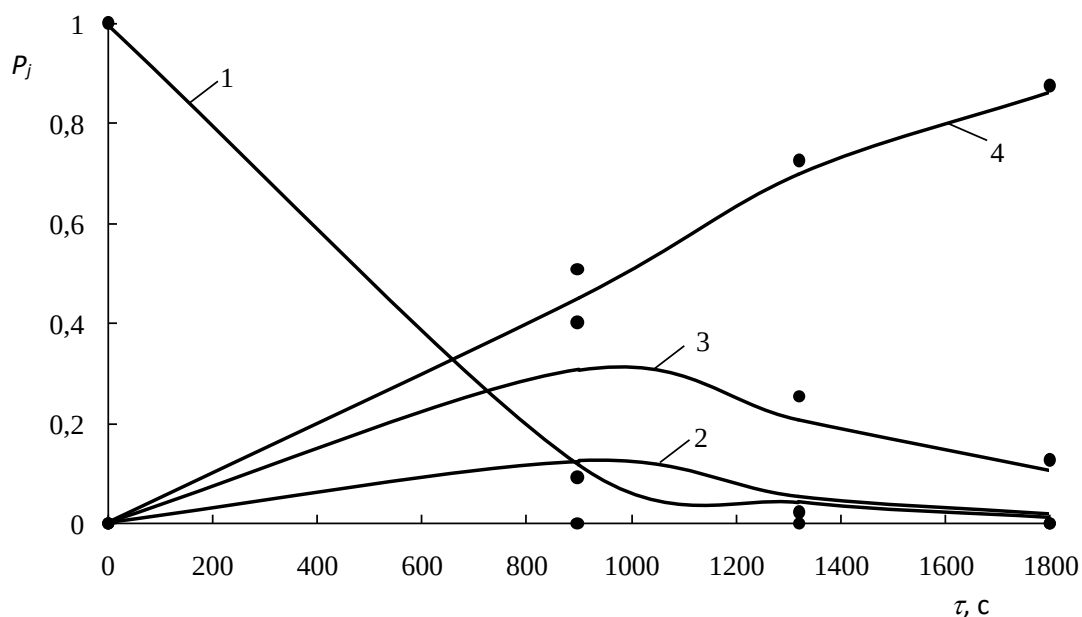


Рисунок – Зависимость выхода фракций кварцевой руды от продолжительности измельчения монофракции -1+0,5 мм. Точки – экспериментальные данные, линии – по (1.79) для фракций -1+0,5 мм (1); -0,5+2 мм (2); -0,2+0,1 мм (3); -0,1 мм (4)

При этом высокая степень детерминации модели, определяемая по выражению $D = R^2$ [4] и равная в данном случае 0,974, подтверждает ее функциональность при всей вероятностной природе самого процесса измельчения и его отображения проверяемой моделью.

Проверка вероятностной модели измельчения в лабораторном масштабе с использованием монофракции кварцевой руды показала, что при прямой подстановке всех 13 параметров измельчения, включая молекулярную массу диоксида кремния и теплоту его плавления, получаются высокие коэффициенты корреляции опытных и расчетных данных. Это свидетельствует об адекватности данной модели и ее функциональном характере.

Список использованной литературы:

1. Малышев В.П., Турдукожаева А.М., Бектурганов Н.С., Кайкенов Д.А. Вероятностные и информационные закономерности измельчения руд в шаровых мельницах // Вестник КНАЕН. – 2013. – № 4. – С. 30-33.
2. Каримова Л.М., Жумашев К.Ж., Кайралапов Е.Т. Лабораторная проверка новой кинетической модели измельчения // Обогащение руд. – 2013. – № 3. – С. 15-17.
3. Малышев В.П. Новый аспект в теории измельчения руд и управления этим процессом // Обогащение руд. – 1995. – № 4-5. – С. 4-14.
4. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

Строительной арматурой называют стержни, размещаемые в бетоне в соответствии с расчетом, конструктивными и производственными требованиями. Арматуру в железобетонных конструкциях устанавливают для восприятия растягивающих напряжений или усиления сжатого бетона.

Для улучшения свойств и характеристик стальной арматуры проводят термическую обработку, что в итоге обеспечивает более надежную и долговечную работу строительных конструкций. Основные цели проведения термической обработки стальной арматуры: повышение прочности, улучшение свариваемости, снижение внутренних напряжений, улучшение адгезии с бетоном, устранение микроструктурных дефектов (неравномерное распределение углерода, поры и другие неоднородности).

Таким образом, термическая обработка арматуры играет важную роль в создании высококачественных и долговечных строительных конструкций, обеспечивая им необходимые свойства и характеристики для успешной эксплуатации в различных условиях [1].

Традиционным способом термообработки арматурной стали считается закалка в воде с последующим отпуском. После закалки прочностные свойства стали значительно повышаются, а пластичность снижается. Последующий отпуск несколько снижает степень закалки, т. е. прочностные характеристики стали, но зато увеличивает ее пластичность. Чтобы повысить ее прочностные свойства и снять напряжения, полученные в процессе прокатки, используется нормализация.

Однако традиционная технология не соответствует современным реалиям, т.к. множество процессов и длительность термической обработки доставляют слишком большие затраты энергии и времени, поэтому стоит вопрос в усовершенствовании указанной выше технологии термической обработки.

В настоящее время во всем мире на строительных объектах широко применяются изделия из термоупрочненной арматуры класса А500С (сталь марки СтЗсп). С целью усиления прочности бетона арматура класса А500С может быть использована для производства всех возможных видов железобетонных конструкций. Один из наиболее перспективных путей повышения свойств арматурного проката - микролегирование стали ванадием с последующей термической обработкой.

Предлагаемый химический состав стали для изготовления арматуры №12 класса А500С, микролегированной ванадием, показан в таблице 1.

Введение 0,05-0,12% ванадия (V) обеспечивает повышение прочности стали на 20% как в горячекатанном, нормализованном, так и в

после термически упрочненном состоянии. В легированных конструкционных сталях ванадий используется для уменьшения размера зерна и повышения прочности стали.

Таблица 1

Химический состав стали СтЗсп, микролегированной ванадием

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	N	V
			не более							
0,23-0,27	0,73-0,82	0,6-0,7	0,03	0,03	0,30	0,30	0,22	0,009	0,03	0,05-0,12

Горячекатанная оребренная арматура класса А500С, которую получают по технологии микролегирования ванадием, обладает хорошими комплексными свойствами и широко используется в строительстве. Основные преимущества: высокая прочность, предел текучести – не менее 400 МПа, предел прочности – не менее 570 МПа; хорошие сварочные характеристики, подходят для различных способов сварки; соотношение прочности и текучести должно быть не менее 1,25. Кроме этого, обладает высокой прочностью и пластичностью, а также хорошими характеристиками изгиба.

Микролегирование ванадием позволяет уменьшить содержание углерода в стали, благодаря чему улучшится пластичность, ударная вязкость и свариваемость. Присутствие азота дополнительно усиливает дисперсное упрочнение. Дисперсные выделения нитридов ванадия обеспечивают более высокий уровень прочности на 20% содержания ванадия, и это экономически выгодно для производства арматурного проката. Микроструктура стали СтЗсп до и после микролегирования ванадием показана на рисунке 1.

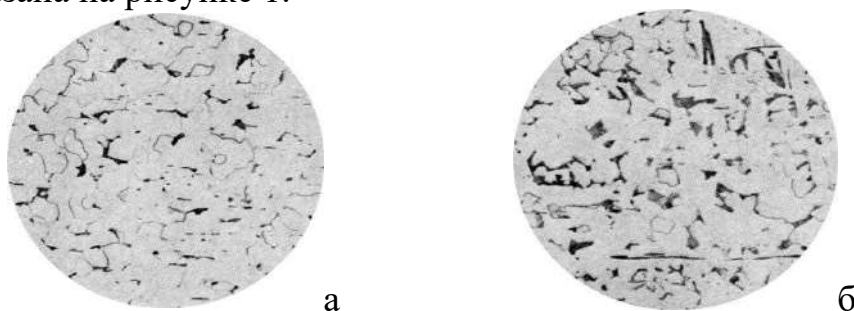


Рисунок 1 – Микроструктура стали СтЗсп до (а) и после (б) микролегирования ванадием, $\times 100$

Термическое упрочнение арматурной стали заключается в нагреве ее до необходимой температуры и быстром охлаждении с последующим отпуском.

Способы термической обработки различные, но для арматурной

стали считаются приемлемыми закалка и отпуск. После проведения закалки прочностные характеристики повышаются, но пластичность снижается. Дальнейший отпуск снижает степень закалки, однако повышает пластичность. Таким способом получается добиться необходимых качеств стали.

При термоупрочнении арматуры температура нагрева составляет 900-1000 °С, а температура отпуска – 350-450 °С. Соблюдение этих температур очень важно, поскольку при повышении температуры при нагреве под закалку снижаются прочностные и пластические свойства, к этому приведет также перегрев при отпуске. В случае нагрева изделия при отпуске до температуры 600 °С и выше, а также медленное остывание арматуры на воздухе вовсе снимет эффект упрочнения.

Термическое упрочнение начинается с того, что очищенные, выпрямленные и обрезанные под нужный размер стержни укладывают в загрузочное устройство, из которого стержни по одному скатываются в нагревательное устройство, а концы стержней зажимаются в контактных губках двумя пневматическими цилиндрами с целью соблюдения всех условий заданного режима термообработки.

Во время нагрева одного из стержней очередной стержень удерживается в подающем устройстве с помощью отсекающего толкателя, а как только стержень нагревается до требуемой температуры, толкатель сбрасывает стержень в ванну с водой, температура которой 10-40 °С. В ней стержни должны находиться не менее 10-15 секунд. За это время арматура охлаждается и укорачивается, после чего подается в узел отпуска.

По завершению отпуска стержни принято охлаждать в специальном контейнере на воздухе [2].

Применение предложенного способа позволяет получить арматуру периодического профиля класса А500С с повышенными прочностными свойствами за счет микролегирования ванадием, а также с улучшенной свариваемостью и хорошими пластическими характеристиками.

Список использованных источников

1. *Forumhouse. Арматура: применение в строительстве и виды армировки. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/10759armatura-primenenie-v-stroitelstve-i-vidy-armirovki> (Дата обращения 12.05.2025)*
2. *Файзуллаев Д.С., Негматова К.С. Разработка химического состава получения термически упрочненной стержневой арматурной стали марки А500С и исследование механических свойств// — Universum: технические науки : электрон. научн. журн. - 2022. - №6 (99) URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13998> (дата обращения: 12.05.2025)*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА НА СТОЙКОСТЬ СВЕРЛ
ИЗ СТАЛИ Р6М3

Сталь Р6М3 менее легирована и дешевле стали Р18, но после оптимальной термообработки не уступает ей по твёрдости и красностойкости, а по пределу прочности при изгибе и ударной вязкости значительно превосходит. Это связано с тем, что в Р6М3 основная карбидная фаза - мелкодисперсные частицы $\text{Fe}_3(\text{WMo})_3\text{C}$, размером в 3 раза меньше, чем в стали Р18, что обеспечивает более полное растворение карбидов при закалке от 1220 °С.

Пластичность нагретой стали Р6М3 также выше на 30 %, что позволило значительно снизить брак (до 30-50 %) при производстве сверл методом прокатки. В связи с широким применением стали Р6М3, особенно для сверл с цилиндрическим хвостовиком, была проведена оптимизация режимов термической обработки.

Для уточнения режимов термической обработки исследовали сверла диаметром 6,1 мм, изготовленные методом продольно-винтовой прокатки. Закалку проводили от 1220-1225 °С в соляной ванне (100% BaCl_2) после предварительного подогрева при 850 °С в смеси BaCl и NaCl , с выдержкой 3 мин. Охлаждение - в селитре при 450 °С.

Оптимальным оказался кратковременный двукратный отпуск при 580 °С по 10-15 мин: содержание остаточного аустенита снижалось с 29,5 % до 2%, соответствуя техническим требованиям. При этом сохранялась высокая твёрдость. Отпуск при 600 °С, применимый для стали Р18, для Р6М3 оказался непригодным из-за снижения твёрдости до HRC 62.

Прочность стали Р6М3 после закалки от 1220 °С и двукратного или трёхкратного отпуска при 560 °С по 1 ч была выше прочности стали Р18 на 30%. В отдельных плавках достигались значения прочности $\sigma_b = 380 - 420$ кг/мм² при зерне аустенита №10-11. Однако при закалке от 1240 °С, несмотря на рост твёрдости и красностойкости, прочность снижалась в 1,5 раза из-за перегрева.

Анализ показал, что при трёхкратном отпуске аустенит полностью разлагается, но снижается твёрдость за счёт обеднения мартенсита легирующими элементами и углеродом вследствие активного выделения карбидов.

Отпуск проводили по режимам, 5, 6 и 12 (таблица 1).

Таблица 1

№ режима	Режим отпуска	Твердость HRC		Количество остаточного аустенита в%				Красностойкость HRC после отпуска при 620°С 4 ч				Прочность в кг/мм²	
		При температуре закалки в °С											
		120 0	122 0	124 0	121 0	122 0	124 0	12 10	122 0	1240	1210	1220	1240
1	Закаленнесостояние	63	63	62,5	24,5	29,5	34,5	-	-	-	-	225	189
2	Отпуск при 540°С двукратный по 1 ч	63	64,5	65	-	5	6	-	58	60	-	329	224
3	трехкратный по 1	63	64,5	65	1,5	2	4	-	58	60	329	331	276
4	Отпуск при 560°С 1 ч	62	64	64,5	0	3,5	4	-	-	-	-	-	-
5	двукратный по 1 ч	62	64,5	64,5	0	1	2	58	58,5	60	374	334	274
6	трехкратный по 1 ч	62	64	64,5	0	0	0	58	58,5	59,5	373	346	244
7	Отпуск при 580°С 1 ч	-	63,5	64	-	0,5	1	-	-	-	-	-	-
8	двукратный по 1 ч	62	63	64	0	0	0	-	-	-	-	345	262
9	трехкратный по 1 ч	62	63	64	-	0	0	-	-	-	-	366	194
10	Отпуск при 580°С 10 мин .	-	-	-	-	9	12	-	-	-	-	-	-
11	двукратный по 10 мин	-	64	65	-	2	3	-	59,5	61	-	384	285
12	двукратный по 15 мин	-	64	65	-	2	1,5	-	59,5	61	-	358	300
13	Отпуск при 600°С 15 мин	-	62	63,5	-	0	0	-	-	-	-	-	-
14	двукратный по 15 мин	-	60,5	62,5	-	0	0	-	-	-	-	-	-

После шлифования и заточки сверла подвергали дополнительному отпуску в масле при 190-200°C в течение 1,5 ч для снятия напряжений и стабилизации режущих свойств. В результате термообработки они имели твердость HRC 64-64,5, мартенситную структуру 1-3 балла с карбидами и красностойкость HRC 58-59. Режущую способность определяли при сверлении глухих отверстий в стали 45 (HB 197) на глубину 3 диаметра сверла при скорости 36,5 м/мин, подаче 0,18 мм/об и охлаждении 5-10%-ным раствором эмульсола. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Режим отпуска	Стойкость сверл*в партии, мин	Коэффициент относительной стойкости	Средний износ по задним поверхностям в мм
5	5,3 – 12,8 10,2	1,0	0,34
12	6,4 – 28,4 15,3	1,5	0,33
6	2,6 – 5,5 4,2	0,4	0,41

Наибольшую среднюю стойкость показали сверла после двукратного отпуска: при 580°C по 15 мин и при 560 °C по 1 ч. В первом случае стойкость была выше в 1,5 раза, однако второй режим обеспечивал меньший разброс (в 1,8 раза), что указывало на большую стабильность режущих свойств.

Сверла, отпущенные по другим режимам, отличались либо сниженной стойкостью, либо повышенным износом и нестабильностью в работе.

В испытаниях на «ломающую подачу» (скорость резания 15,7 м/мин, глубина сверления - 3 диаметра, сталь 45, НВ 197) поломка сверл происходила по рабочей части при подаче 0,62 мм/об. У сверл после отпуска при 580 °С трещины и сколы появлялись уже при подаче 0,4 мм/об, тогда как при 560 °С - только при 0,62 мм/об, и разрушение наступало при сверлении второго отверстия.

Таким образом, стойкость сверл, закалённых от одной температуры, зависит от степени пересыщенности твёрдого раствора, формирующегося в процессе отпуска.

Необходимо отметить, что для стойкости сверл большое значение имеет строение мартенсита (таблица 3).

Таблица 3

Структура сверл	Стойкость сверл в партии мин	Коэффициент относительной стойкости	Средний износ по задним поверхностям, мм
Игольчатый мартенсифт и карбиды	$\frac{16,0 - 32,5}{23,4}$	1,45	0,30
Мартенсит мелкого строения и карбиды.	$\frac{12,3 - 18,5}{16,1}$	1,0	0,31

Выводы: 1. Оптимальная термическая обработка стали Р6М3 - закалка от 1220±10°С и двукратный отпуск при 560 °С по 1 ч или при 580 °С по 15 мин - обеспечивает почти полное разложение остаточного аустенита, твёрдость HRC 64-64,5, красностойкость HRC 59 и прочность при изгибе 345-360 кг/мм².

2. При длительном отпуске (трижды по 1 ч при 560 °С) из-за активного выделения карбидов и обеднения твёрдого раствора износостойкость снижается. При этом стойкость сверл после двукратного отпуска при 580 °С значительно выше.

3. Наивысшую стойкость показали сверла после двукратного отпуска при 580 °С (15 мин) и 560 °С (1 ч), однако второй режим обеспечил в 2 раза меньший разброс, что указывает на большую стабильность режущих свойств.

Список литературы

1. *Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 3-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.:*
2. *Петраш Л.В. Закалочные среды, М.-Л.: Машиностроение, 2009, с. 112.*
3. *Материаловедение и технология обработки конструкционных материалов в приборостроении: учебное пособие / А.Н. Гормаков; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. - 340 с.*

IN-MOLD MODIFICATION OF CAST IRON TO IMPROVE THE
PERFORMANCE OF CASTINGS

The modification process increases the degree of nucleation in the melt during solidification, which leads to a smaller size of eutectic cells and flakes in gray cast iron. In addition, the formation of carbides is significantly suppressed. The required amount of modifier depends on the composition of the cast iron, the grain size and the rate of solidification of the casting, the type of melting furnace and the composition of the modifier used.

The parameters of the modification process of grade 20 grey cast iron with ferrosilicon were studied. Grey cast iron 20 has balanced hardness, strength and good machinability characteristics. This makes it a popular choice for manufacturing engine housings, cylinders, crankshafts, and other machine parts. On the basis of this cast iron, crankcases, cylinder blocks, brake drums, cylinder liners and other parts necessary for the creation of tractors and cars can also be cast. Machine tool builders are also interested in this alloy. They need it to create valves and whole machines, separate mills and work tables.

A FeSi modifier with graphite additives was used, which, in addition to the oxides formed, introduced graphite crystallization centers into the melt. The most commonly used modifiers for gray cast iron are ferrosilicon alloys with a silicon content of 75-85%. Modification, as the most effective method of managing the metallurgical quality of castings, reduces the percentage of defects in the foundry, and as a result has a positive effect on the environment of the foundry.

The process of in-mold modification to produce high-strength ductile iron has been developed in Italy, France, Germany, Great Britain and Australia.

In an attempt to modify cast iron at the very last moment, ferrosilicon and other silicon alloys are used in the form of tablets, crushed alloys, and even rods designed to contact the metal during casting.

It is believed that the mechanical properties of cast iron obtained by the in-mold modification process are generally superior to those obtained by other methods. Improvements occur both due to a reduction in scale formation problems and due to a larger number of spherical graphite inclusions, which is the result of a short time interval between processing and solidification. The increased number of spherical graphite inclusions also reduces the formation of carbides.

When inserting the modifier directly into the mold, two basic requirements must be observed:

- the additive alloy should dissolve quickly and provide a reasonable constant concentration from the beginning to the end of casting;
- undissolved alloy residues should not get inside the casting.

Table 1

Comparative characteristics of mechanical properties of cast iron before and after modification

Material	Hardness, MPa	σ_B , MPa	Impact strength, Dzh/sm ²	Dry friction wear rate, mkm/km
Cast iron before modification	143-255	200	38	0,27
Cast iron after modification	219-259	490	47	0,17

This modification process allows for better control of the alloy solution and, consequently, its effectiveness. Modification increases the strength of gray cast iron and its wear resistance, improves density, heat resistance, and machinability.

Depending on the modifier used and its dose, other properties of cast iron may also change, for example, the release of rounded graphite. This leads to the formation of high-strength cast iron with high viscosity indices.

At the present stage of the development of science and technology, the maximum reserves for improving the quality of cast iron are laid down in the possibility of active and purposeful formation of their structure and properties. One way to achieve this is to introduce modifiers into the melts. Properly organized modification with optimally selected modifiers is the simplest, cheapest and most effective method of improving the technical, economic and technological performance of metal products.

The process of in-mold modification of cast iron provides a large number of metallurgical, economic and environmental advantages. The most important of these are: maximum efficiency and high quality of the alloy microstructure; use of a smaller amount of alloy; absence of pyrotechnic phenomena or smoke emission; shorter metal processing time; maximum and more stable metal properties.

Used literature:

1. Goldstein Ya. E., Mizin V.G. *Modification and microalloying of cast iron and steel*. Moscow: Metallurgiya, 2011. 272 p.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УСТРАНЕНИЮ САМОВОЗГОРАНИЯ СПЕЦКОКСА АО «ШУБАРКОЛЬ КОМИР» В НАКОПИТЕЛЬНЫХ БУНКЕРАХ

«Спецкокс» (специальный кокс, или полукокс) – это твёрдый углеродсодержащий восстановитель, предназначенный для использования в различных технологических процессах, особенно, при производстве ферросплавов. Он отличается от обычного металлургического кокса по способу получения, структуре и свойствам [1-2].

По наблюдениям, в нынешнее время применяемая технология осушения и хранения спецкокса приводит к случаям самонагрева и самовозгорания спецкокса, и как следствие к убыткам и нарушению технологического процесса [3].

В силу технологических параметров сушки температура спецкокса при выходе из сушильного аппарата может достигать 100-120 °С, следовательно, высокая температура спецкокса в присутствии воздуха может стать причиной саморазогрева в последующей цепочке при его длительном хранении [4]. Спецкокс, получаемый из углей Шубаркольского месторождения, обладает повышенной склонностью к окислению, что делает проблему особенно острой [5].

С целью определения факторов, влияющих на самонагрев спецкокса и разработки технических и организационных мероприятий по исключению самовозгорания при хранении проведены три лабораторных эксперимента с образцами спецкокса при различных условиях продувки:

1. Продувка воздухом (21% O₂), крупная фракция (0-25 мм).
2. Продувка воздухом (21% O₂), измельчённая фракция (<5 мм).
3. Продувка азотом с 4% O₂, измельчённая фракция (<5 мм).

Все три эксперимента выполнены в рамках работы по определению динамики изменения температуры в массиве пробы спецкокса с начальной температурой 100 °С в термостатированной емкости при продувке воздухом в течение 14-ти суток. Предоставленная проба спецкокса имеет следующие характеристики:

Влага – 26,8 %, зольность – 5,8, сера – 0,34 %, выход летучих веществ – 9,8 %, низшая теплота сгорания – 5176 ккал/кг, крупность 0-25 мм.

Для проведения экспериментов использовали термостат с диапазоном регулирования температуры от 0 до 300 °С. В термостат устанавливается емкость под исследуемый спецкокс. Усредненную пробу

спецкокса исходного фракционного состава помещали в емкость, которая представляет собой металлический газоплотный ящик (Д×Ш×В, мм) 300×300×320. Емкость имеет подводящую трубку для подачи газа (воздуха) с нижней стороны емкости и распределительным устройством в виде металлической сетки с ячейкой 0,5 мм для распределения газа (воздуха) по горизонтальному сечению емкости. Отвод газа (воздуха) из емкости осуществляется через верхнюю крышку. Для подогрева сжатого воздуха из баллона перед подачей в емкость использовали газоподводящую медную трубку диаметром 0,006 м и длиной 5 м, которая была обмотана вокруг ящика и помещалась вместе с ящиком в термостат. Замер температуры осуществляли в центре емкости по горизонтальному сечению и в трех уровнях по высоте слоя спецкокса. Расстояние от распределительного устройства (металлической сетки) до нижнего термодатчика – 80 мм, до среднего – 160 мм, до верхнего – 240 мм, при общей высоте слоя спецкокса 300 мм. Четвертый термодатчик был установлен в самом термостате на уровне середины емкости. Перед опытом была проверена сходимости показаний термодатчиков. Разница показаний в одинаковых условиях не превысила 1 °С.

Перед началом исследований необходимый объем спецкокса был подвержен сушке при температуре 105 °С до конечной влажности 2 %. Сушку спецкокса производили в стационарном слое на поддонах в лабораторных сушильных шкафах, длительность которой составила 10 часов.

После сушки пробу спецкокса с влажностью 2 % (без охлаждения) перегружали из поддонов в металлический ящик, который помещали в термостат, подсоединяли гибким шлангом воздух из баллона к медной трубке, включали подачу воздуха для продувки слоя, фиксировали время от начала эксперимента и вели регистрацию изменения температуры слоя по трем термопарам.

В первом эксперименте температура стабилизировалась на уровне 120 °С без дальнейшего роста. Самонагрев не зафиксирован. Причина – малая удельная поверхность контакта с кислородом.

Во втором эксперименте зафиксирован самопроизвольный рост температуры до 268 °С через 160 часов. Температура самовоспламенения зафиксирована в нижнем слое из-за подачи воздуха снизу. Средняя скорость нагрева: 1,82 °С/час (в диапазоне 140-170 °С). Характер нагрева: степенной рост, указывающий на цепную реакцию окисления.

В третьем эксперименте при температуре до 106 °С – самонагрев не происходил. При повышении температуры до 120 °С начался медленный линейный нагрев со скоростью 0,35 °С/час. Возгорание не наблюдалось до 186 °С за весь период эксперимента.

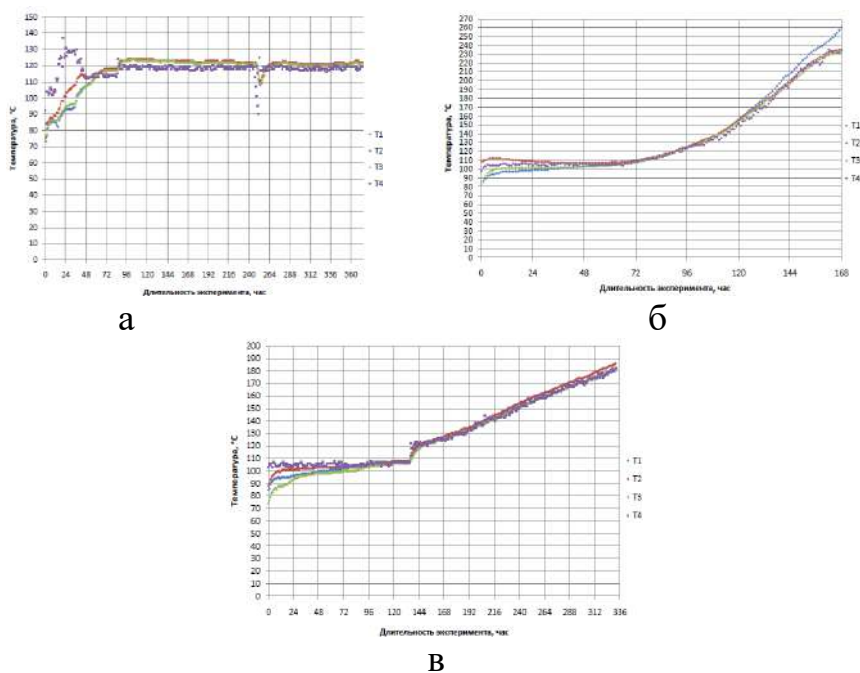


Рисунок 2. Динамика изменения температуры в массиве проб спецкокса в термостатированной емкости при продувке газами; а – эксперимент №1; б – эксперимент №2; в – эксперимент №3

Выводы по итогам экспериментов:

- Мелкодисперсный спецкокс (<5 мм) значительно более подвержен самонагреву из-за увеличенной удельной поверхности.
- Концентрация кислорода $>4\%$ существенно увеличивает скорость нагрева и риск воспламенения.
- Безопасным является хранение спецкокса с температурой до 106°C в атмосфере с кислородом $\leq 4\%$.

Рекомендаций для предотвращения самовозгорания спецкокса:

1. Герметизация загрузочных и разгрузочных люков накопительных бункеров.
2. Подача газа, содержащего азот (с содержанием $\text{O}_2 \leq 4\%$) после загрузки спецкокса.
3. Разгрузка бункеров не реже 1 раза в 7 дней, если азот не подаётся.
4. Мониторинг температуры спецкокса в режиме реального времени с установкой термодатчиков.

Список использованных источников

1. Даулетжанов А.Ж. Разработка технологических решений управления качеством угля и продуктов его переработки при добыче и складировании: дис. докт. техн. наук: 6D070700 – Караганды, 2020. – 139 с.
2. К. Кегель. Брикетирование бурого угля. Под редакцией канд. техн. наук И.Д. Ремесникова. М.: Углетехиздат, 1957.
3. Процесс горения угля. Механизм горения углерода и пути интенсификации сжигания твердых топлив. Под редакцией проф. А.С. Предводителева. Москва, Ленинград, 1938.
4. Соловьев А. И. Термохимия и термодинамика химических процессов. – М.: Химия, 2006.
5. Минкин Л. И. Процессы пиролиза и газификации углей. — Новосибирск: СО РАН, 2007.

ІІІ ҚУЫС АЛЮМОСИЛИКАТТЫ ШЫНЫ МИКРОСФЕРАЛАР

Күл үйінділеріндегі ең маңызды компоненттердің бірі - пештерде көмір жағу кезінде пайда болатын шыны формадағы микросфералар. Алюмосиликатты қуыс микросфералар (күл микросфералары деп те аталады) - көмірдің жоғары температурада алау жағу кезінде пайда болатын қуыс, идеалды дерлік силикат шарлары. Алюмосиликатты қуыс микросфералар ішкі жағынан қуыс және сыртқы жағынан өте тегіс пішінді силикат шарларына ұқсайды. Өлшемі 2-10 мкм қабырғалар көмірқышқыл газымен немесе азотпен толтырылған қуысты қоршайды. Әр шардың орташа диаметрі шамамен 100 мкм құрайды.

Микросфера - алюмосиликатты материалдар тобына жататын SiO_2 (51-70 %), Al_2O_3 (18-40%) химиялық құрамы бар 5-500 мкм фракциясы бар ұсақ дисперсті ұнтақ. Қуыс микросфералардың бірнеше тобы бар, олар алу әдісімен және құрамдас бөліктердің санымен ерекшеленеді. Мысалы, полимерлі, алюмо - силикатты (керамикалық, күл), шыны, силикатты және көміртекті [1].

Металдарға қарағанда алюминий силикатты микросфераларды балқу температурасы термиялық өңдеу нәтижесінде шарлардың металдандырылуының себебі болып табылады. Металдан жасалған жұқа қорғаныс қабаты заттың жылу оқшаулау параметрлерін арттырады және оны микротолқынды және ИҚ толқын диапазонында көрінбейтін етеді.

1 кесте. Күл-қож қалдықтарындағы микросфераның орташа химиялық құрамы

Тотықтардың құрамы, масс. %		
SiO_2	51,16	M_K – қышқылдық модуль, $M_K = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{MgO}$
Al_2O_3	35,07	
Fe_2O_3	3,62	
CaO	8,33	
Тотықтардың құрамы, масс. %		
MgO	0,91	M_B – тұтқырлық модуль, $M_B = \text{SiO}_2 + 2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 / 2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + 2 \cdot \text{K}_2\text{O} + 2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$
R_2O	0,23	
$\Delta m_{\text{пр}}$	0,68	
M_K	9,33	
M_B	5,23	

Қышқылдық модулі (M_K) шихтаның химиялық құрамын алдын-ала бағалау үшін қолданылады. Алайда, балқыту қондырғыларының қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін M_K -мен бірге балқыманың тұтқырлық қасиеттерін ескеру қажет, олар M_B тұтқырлық модулімен сипатталады. Тұтқырлық модулінің өсуімен дәстүрлі балқыту қондырғыларының өнімділігі төмендейді немесе балқу температурасы мен энергия шығыны айтарлықтай артады. Күлдің M_K және M_B мәні силикат балқымасын алу

үшін дәстүрлі түрде қолданылатын шикізатқа қарағанда жоғары. Бұл, бір жағынан, өнімдердің балқымасынан алынған өнім -діліктің жоғарылауы туралы, ал екінші жағынан, температурасы мен тұтқырлығы бойынша біртекті силикат балқымасын алу үшін плазма энергиясын пайдалану қажеттілігі туралы айтады [5].

Бұл процесс физикалық-механикалық қасиеттердің керемет жиын -тығы бар толтырғышты алуға ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаны қорғаудың кейбір міндеттерін шешуге көмектеседі: су объектілері мен атмосфераның ластануын азайту [4].

Алюмосиликатты шыны микросфералар негізгі қасиеттері мен сипаттамалары

- * Төмен тығыздық салмақты азайтуға мүмкіндік береді.
- * Жоғары қысу беріктігі.
- * Химиялық инерттілік.
- * Диэлектрлік қасиеттерді арттыру.
- * Дайын өнімде жарықтардың пайда болу ықтималдығы аз.
- * Ыстыққа төзімділікті арттыру.
- * Тұтқырлықты төмендетіңіз.
- * Шөгуді азайтыңыз.
- * Соңғы өнімді өңдеуді жеңілдетеді.
- * Құрамында белсенді қоспалар жоқ.
- * Шайырлар мен байланыстырғыштардың барлық түрлерімен үйлесімді.
- * Полимерлерге жоғары адгезия.
- * Байланыстырғышты тұтынудың төмендеуі.
- * Өрт және радио қауіпсіздігі.

2 кесте. Микросфера сипаттамалары

Сипаттамалары	Көрсеткіші	Өлшем бірлігі	Әдіс
Сыртқы түрі	Біртекті ақ түсті төгілмелі ұнтақ		
Төгілу тығыздығы	150 – 170	кг/м ³	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Шынайы тығыздық	250	кг/м ³	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Ылғалдылық	≤ 0,5	%	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Қысу күші	750/5	psi/МПа	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Балку температурасы	≥ 650	°C	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Фракциялық құрамы	2 – 110	мкм	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019
Рұқсат етілген тұнба max	< 5	%	ТУ 23.19.22-001-39520448-2019

Шыны сфералардың қолданылу салалары

Микросфералар жылу электр станцияларының пештерінде көмірді алау жағу арқылы алынады. Алюминий силикатты микросфераларды алу техноло -гиясы қиын, бұл күлдегі шикізаттың аз пайызымен түсіндіріледі. Алайда, ірі электр станцияларында отын қалдықтарының үлкен көлемінің арқасында бір жылда бірнеше мың тонна өндіруге болады.

Шыны микросфералар жоғары қысу беріктігі мен төмен тығыздыққа ие, көлемді арттырмай салмақты азайтуға мүмкіндік береді. Шыны сфералардың сызықтық кеңею коэффициенті төмен екендігі белгілі, ал олардан алынған материал жылу соққысына төзімділікке және беріктік сипаттамаларына ие.

Шыны микросфера отқа төзімді, құрамында белсенді қоспалар жоқ, жанғыш емес. Қалыпты жұмыс жағдайында тұрақты. Жасанды тастарды, композиттерді, ЛКМ, желімдерді, герметикалық қоспаларды және басқа да жоғарғы сұраныстағы өндірістік материалдарды циклдерді өндіруде толтырғыш ретінде қолданылады.

Шыны сфералар – ауамен толтырылған инертті сфералық кварц бөлшектері-жоғары қаттылықпен сипатталатын дисперсті толтырғыш ретінде кеңінен қолда -нылады. Шыны сфералар түрінде алынған композитті микросфералар пласт массаның өзіндік құнын төмендетуге, сондай-ақ дайын өнімнің көлемін ұлғайтуға және салмағы мен тығыздығын төмендетуге арналған. Композиция тығыздығының төмендеуі әйнектің шайырмен салыстырғанда үлкен тығыздығына қарамастан, микросфераларда вакуумдық қуыстар болады, олардың көлемін ескере отырып, композицияның соңғы тығыздығы төмендейді. Бұл толтырғышты полимерлі матрицаларға енгізу жартылай композиттің физика-механикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. [1].

Күлге негізделген микросфералардың бірегей қасиеттері оларды жеңіл жылу оқшаулағыш және басқа құрылыс материалдарын алу үшін негіз ретінде пайдаланудың орындылығын анықтайды [2, 3].

Қуыс алюмосиликатты микросфералар ұңғымаларды тампондау үшін мұнай және газ өнеркәсібі тәжірибесінде жиі қолданылады [4]. Қуыс микросфералардың тампондық ерітінділерінің құрамына қоспа судың салыстырмалы түрде төмен қажеттілігімен олардың тығыздығының төмендеуіне ықпал ететіні белгілі, ал микросфераларды қосумен қалыптасқан тампонаж тасының жылу өткізгіштігі төмен, беріктігі мен жарыққа төзімділігі жоғары.

Әдебиеттер

1. Дисперснонаполненные материалы в промышленности / В.О. Серик, Е.Д. Черенков, Е.А. Головина. – Текст : непосредственный // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности :, Бийск, 19–21 мая 2021 г. / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Бийск. – 2021. – С. 162–165.
2. Проблемы комплексной переработки золошлаковых отходов и синтеза на их основе силикатных материалов строительного назначения / Н.Н. Ефимов, В.И. Паршуков, Е.А. Яценко [и др.] // Техника и технология силикатов. – 2010. – № 2. – С. 17–21.
3. Min'ko, N.I. Use of Alternative Energy Sources in the Technology of Glass and Glass Ceramic Materials / N.I. Min'ko, V.S. Bessmertnyi, P.S. Dyumina // Glass and Ceramics. – 2002. – V. 59. – P. 77–79.
4. Самороков, В.Э. Использование микросфер в композиционных материалах / В.Э. Самороков, Е.В. Зелинская // Вестник ИргТУ. – 2012. – №9. – С. 201–205.
5. Technology for producing mineral fibers by recycling ash-sludge and oil-shale wastes / G.G. Volokitin, N.K. Skripnikova, O.G. Volokitin, S.Volland // Glass and Ceramics. – 2011. – V. 68. – P. 239–241.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ЭКЗОГЕННОГО И ЭНДОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАСПЛАВ

Современное машиностроение и металлургия предъявляют всё более высокие требования к качеству металлических отливок, особенно при производстве деталей, работающих в условиях высоких температур, нагрузок и агрессивных сред. Наиболее перспективными в этом отношении являются сложнолегированные стали, сочетающие высокую прочность, жаростойкость, коррозионную стойкость и износоустойчивость. Ключевую роль в формировании свойств конечного изделия играют условия кристаллизации расплава, включая экзогенные и эндогенные воздействия, влияющие на структуру и однородность отливок.

Однако, несмотря на значительное количество исследований, направленных на оптимизацию состава и технологии литья, комплексные работы по изучению воздействия различных внешних и внутренних факторов на формирование структуры и свойств отливок из сложнолегированных сталей до настоящего времени остаются актуальными.

В исследовании использовались лабораторные плавки с применением вакуумно-индукционных печей. В качестве объектов исследования выбраны сложнолегированные стали марок ХН65МВ и 20Х25Н20С2. Плавка проводилась с варьированием режимов экзогенного воздействия (магнитное поле частотой 50 Гц, ультразвук частотой 22 кГц) и эндогенного воздействия (введение модифицирующих добавок типа алюмосиликата кальция и редкоземельных элементов).

Для анализа структуры и фазового состава отливок применялись методы оптической и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгеноструктурный анализ, а также механические испытания на растяжение, твёрдость и ударную вязкость. Дополнительно проводился металлографический анализ с оценкой размеров зерна, распределения карбидов и неметаллических включений.

Результаты экспериментов показали, что экзогенные воздействия на расплав в процессе кристаллизации способствуют измельчению зерна и выравниванию структуры за счёт повышения интенсивности тепломассопереноса и торможения роста дендритов. Наиболее эффективным оказалось комбинированное применение ультразвукового и магнитного полей, при котором наблюдалось уменьшение дендритного расстояния на 20–25% и повышение однородности структуры.

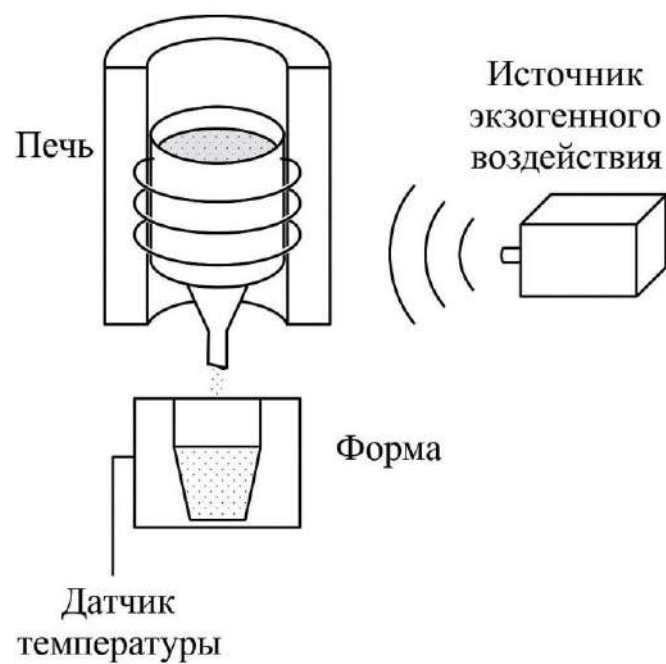


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

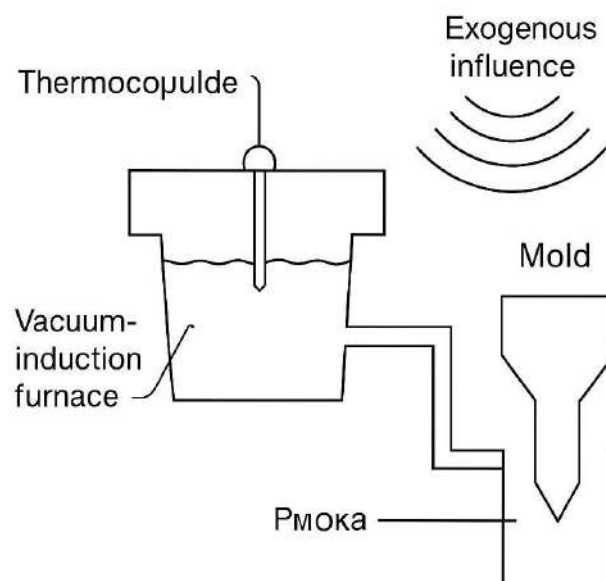


Схема экспериментальной установки

Рис. 1. Макроструктура отливок: *а* — — без воздействия; *б* — с воздействием

Рисунок 2 – Структура отливок: до и после обработки

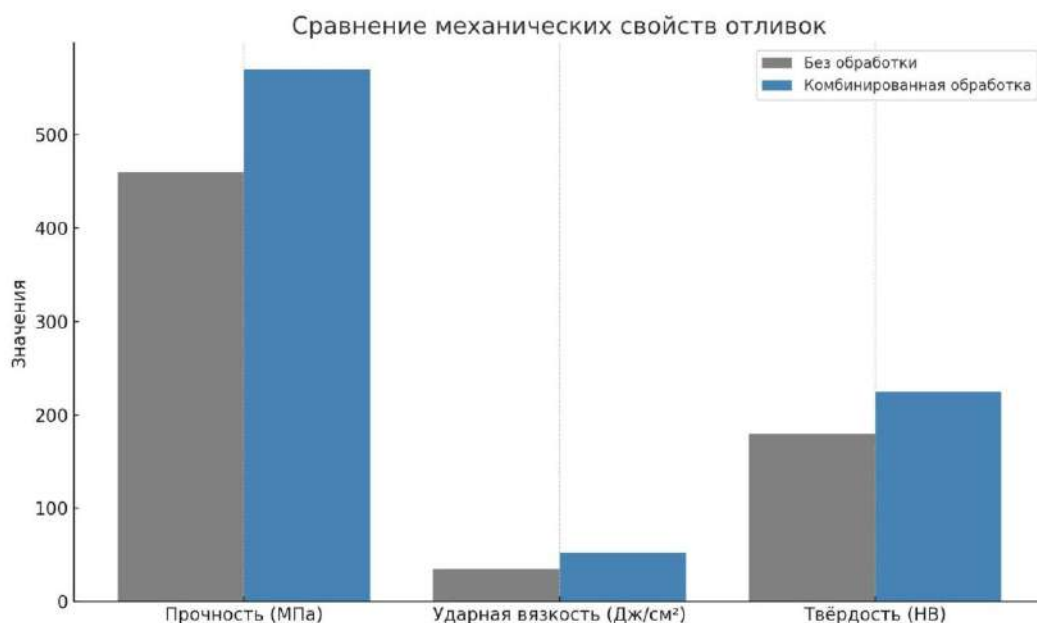


Рисунок 3 – График механических свойств

Эндогенные воздействия, в первую очередь модифицирование редкоземельными элементами, обеспечили формирование более устойчивой аустенитной структуры с равномерным распределением карбидов. Также наблюдалось повышение механических характеристик: предел прочности увеличился в среднем на 12%, ударная вязкость — на 15%.

Совместное применение экзо- и эндогенных методов позволило достичь синергетического эффекта, выражающегося в повышении комплекса механических свойств и улучшении структурной однородности по всему объёму отливок. Это подтверждает перспективность комплексного подхода при разработке технологии получения отливок из сложнолегированных сталей.

Проведённые исследования доказали эффективность комплексного подхода при управлении структурой и свойствами отливок из сложнолегированных сталей. Наиболее выраженный эффект достигается при одновременном применении экзо- и эндогенных воздействий. Результаты могут быть использованы в практике литья в энергетике, машиностроении и других отраслях.

Список использованных источников:.

1. Гуляев А.П. *Металловедение*. – М.: Металлургия, 2020.
2. Коротков А.А. *Современные технологии литья*. – СПб.: Профессия, 2018.
3. Иванов Ю.П. *Модифицирование сталей и сплавов*. – М.: Машиностроение, 2019.
4. Жуков С.А. и др. *Воздействие внешних полей на процессы кристаллизации металлов*. // *Металлургия*, 2021.
5. *Актуальные проблемы материаловедения. Сборник научных трудов*. – Алматы: КазНУ, 2023.

ТHERMO-CALC БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІНДЕГІ AL-FE ҚОРЫТПАСЫНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫНА КРЕМНИЙ МЕН МАРГАНЕЦТІҢ ӘСЕРІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Темір алюминий қорытпалары (Al-Fe) жоғары беріктігі, коррозияға төзімділігі және жақсы механикалық қасиеттері үшін авиация, автомобиль және құрылыс салаларында кеңінен қолданылады. Алайда, Темірдің болуы материалдың механикалық қасиеттеріне әсер ететін металлді аралық фазалардың пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Кремний (Si) және марганецті (Mn) енгізу қорытпаның фазалық құрамын өзгертуге, металлдітердің құрылымын өзгертуге және материалдың өнімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Thermo-Calc бағдарламалық кешенін қолдана отырып термодинамикалық модельдеу фазалық өзгерістерді болжауға, фазалық тұрақтылықты бағалауға және берілген қасиеттері бар қорытпаларды алудың оңтайлы шарттарын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста кремний мен марганецтің қорытпаның Al-Fe фазалық құрамына әсері талданды, бұл оның құрылымын қалыптастыру механизмдерін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

AA3107 типті Al-Fe-Si-Mn жүйесіне негізделген алюминий қорытпалары жоғары беріктігіне, қысыммен өңдеу кезінде жоғары өңдеуге қабілеттілігіне және коррозияға төзімділігіне байланысты авиация, автомобиль және құрылыс салаларында маңызды рөл атқарады. mn қоспасының болуы [1]. Бұл жүйенің төмен легирленген қорытпаларын электротехникада қолдану үшін, атап айтқанда, өткізгіш сымды өндіру үшін қарастыруға болады, қорытпада Mn болуына қарамастан, бұл материалдың негізгі қасиетін барынша төмендететін элементтердің бірі болып табылады. осы түрдегі: меншікті электр кедергісі. Әдетте, созылу беріктігі сияқты материалдың механикалық сипаттамалары материалдың электр кедергісіне, яғни электрлік қасиетіне кері байланысты болады. Сонымен қатар, электромеханикалық қасиеттердің оңтайлы тепе-теңдігіне қол жеткізу материалдың өткізу қабілетінің артуына әкеледі, бұл абсолютті артықшылық болып табылады, өйткені электр желілеріндегі ток жүктемесі жылдан жылға артып келеді. Жоғарыда сипатталған қасиеттердің тепе-теңдігіне қол жеткізу көбіне тәуелді болатын химиялық және фазалық құрамдарды оңтайландыру термодинамикалық модельдеу сияқты заманауи әдістерді қолдануды талап етеді. ThermoCalc бағдарламалық жасақтамасы фазалық тепе-теңдікті, фазалық құрамды және компоненттердің

концентрациясы мен температурасына байланысты олардың қасиеттерінің өзгеруін тиімді болжауға мүмкіндік береді.

1.1-кесте. Тәжірибелік қорытпалардың химиялық құрамы.

Қорытпа		Концентрация, мас. %			
№	Белгілеу	Si	Fe	Mn	Al
1	02Fe	0,255	0,246	0,180	Негіз
2	03Fe	0,374	0,345	0,283	Негіз
3	04Fe	0,410	0,438	0,380	Негіз
4	05Fe	0,345	0,548	0,476	Негіз
5	08Fe	0,498	0,765	0,574	Негіз

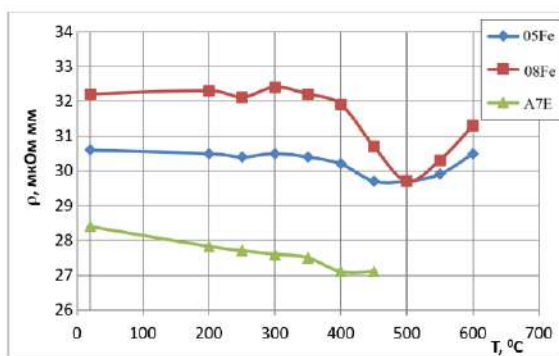
Күйдіру SNOL электр пешінде сатылы режимдерде 400-650 °C температурада, 50 °C кадаммен және 3 сағат ұстау уақытымен жүргізілді (4-Кесте).

Кесте 1.2 Al–Fe–Si–Mn жүйесінің тәжірибелік үлгілерін термиялық өңдеу режимдері.

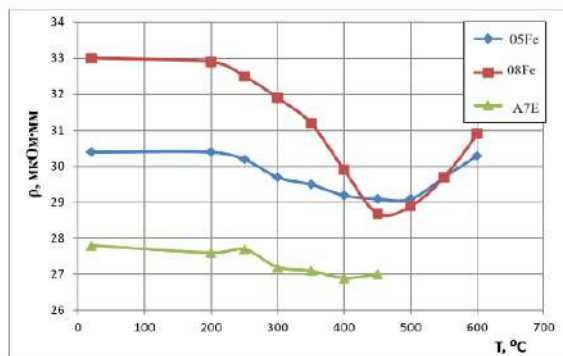
Белгілеу	Күйдіру режимі	
	t, °C	τ, h
T400	350-400	3
T450	400-450	3
T500	450-500	3
T550	500-550	3
T600	550-600	3
T650	600-650	3

Үлгілердің металлографиялық талдауынан FeSi, FeMn₃, Al₁₅Mn₃Si₂ фазаларының түзілуі туралы болжам расталғанын көруге болады. Дендритті жасушалардың (Al) шекаралары бойында қаңқа фрагменттері немесе тамырлар түрінде фазаның (Al, Fe, Si) қосындылары бар. Прокаттау процесінде теңестірілген дән құрылымы талшықтыға айналды, құрамында темірі бар фазаның қосындылары да созылды.

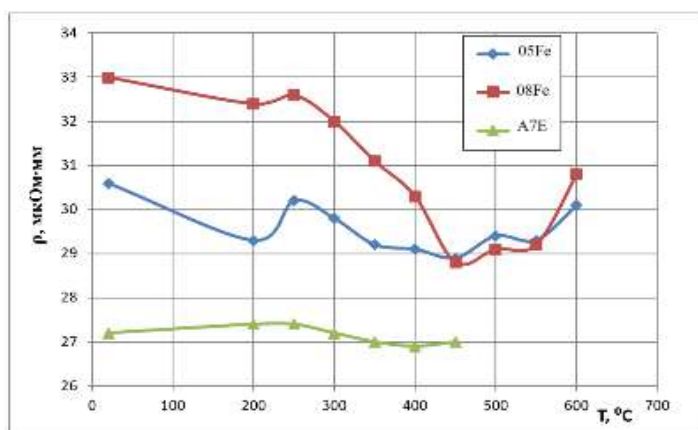
Күйдіру жарық микроскопында анықталған құрылымға айтарлықтай әсер етпейді, сондықтан күйдіру процесінде құрылымдық және фазалық түрлендірулер қарсылық пен қаттылықтың өзгеруімен, сондай-ақ есептеу нәтижелерімен бағаланды. Thermo-Calc бағдарламалық кешені алюминий қорытпаларының фазалық құрамын, оның ішінде Al-Fe-Si-Mn жүйесінің қорытпаларын термодинамикалық модельдеудің тиімді құралы болып табылады.



а)



б)



с)

1.1-сурет. Соңғы күйдіру сатысының температурасы құймалардың (а), суықтай илектелген парақтардың (б) және ыстықтай илектелген парақтардың (с) меншікті электр кедергісіне әсер етеді. тәжірибелік қорытпалар

Зерттеу нәтижелерінен электр өткізгіштік қасиеттерін бұзбай, беріктік қасиеттері жақсартылған өткізгіш алюминий қорытпасын алудың оңтайлы құрамы келесідей екенін көруге болады: 0,8% Fe дейін, 0,5% Si, 0,6% Mn. Темір мен кремний құрамының фазалық құрамына және Al-Fe-Si-Mn қорытпаларының механикалық қасиеттеріне әсерін талдау көрсеткендей, бұл элементтердің оңтайлы қатынасы беріктігі мен функционалдық сипаттамалары жақсартылған қорытпаларды алуға көмектеседі.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. Belov, N.A., Cherkasov, S.O., Korotkova, N.O. et al. Effect of Iron and Silicon on the Phase Composition and Microstructure of the Al-2% Cu-2% Mn (wt %) Cold Rolled Alloy. *Phys. Metals Metallogr.* 122, 1095–1102 (2021). <https://doi.org/10.1134/S0031918X2111003X>
2. N.A. Belov, A.M. Dostayeva, P.K. Shurkin, N O. Korotkova, A.A. Yakovlev (2016). Effect of annealing on electrical resistance and hardness of hot-rolled sheets of aluminum alloys containing up to 0.5% Zr. *Bulletin of non-ferrous metallurgy universities, M.: NUST MISiS, No. 3, pp. 48-55.*
3. Çadırılı E. Tecer H., Sahin M., Yılmaz E., Kırındı T., Gündüz M. Effect of heat treatments on the microhardness and tensile strength of Al-0.25 wt.% Zr alloy. *Journal of Alloys and Compounds.* No. 632. 2015. P. 229–237

INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF OIL ON THE QUALITY OF BITUMEN: STUDY OF THE ZHETYBAY FIELD

The developed asphalt road network plays an integral part in a nation's transport infrastructure by playing a key role in the economy, as well as ensuring the necessary level of logistics, safe and convenient movement over long distances. Given the specific climatic conditions, increasing tonnage and intensity of motor transport, the road surface experiences significant loads. Under these conditions, the quality of the road surface largely depends on the composition of the asphalt concrete mixture, where the main binder is bitumen. The bitumen, obtained in the process of oil refining, not only binds the components of the mixture, but also generally determines its durability, strength, resistance to loads and various environmental impacts. In this regard, the requirements for the quality of road bitumen are very high and are reflected in the current standards of the Republic of Kazakhstan.

One of the most important factors influencing the performance properties of road bitumen is the quality of crude oil from which it is derived. The physicochemical properties of oil, such as the content of water, mechanical impurities, chlorides, sulfur, acidity, have a significant impact on the characteristics of the final product. Oil with various impurities can lead to deterioration in the quality of road bitumen, which in turn significantly affects the performance characteristics and durability of asphalt roads.

The objective of this study is to analyze oil produced at the Zhetybay field in Kazakhstan and assess its impact on the quality of road bitumen used to produce asphalt concrete pavements. As part of the research objectives, the main physical and chemical parameters of oil such as the content of water, sulfur, mechanical impurities and other characteristics that have a direct impact on the production of high-quality road bitumen were considered [1, 2].

Oil samples were collected from a number of sites at the Zhetybay field and tested in an accredited laboratory for the study of oil and oil products. To assess the physical and chemical characteristics of Zhetybay oil, current Kazakhstani standards were used, ensuring the reliability of the data obtained [1, 2]. In particular, the following were determined as part of certified tests: density, sulfur and chloride content, acid number, presence of mechanical impurities, hydrogen sulfide and mercaptans [3].

The content of bound moisture and free water in oil is one of the key parameters affecting the properties of road bitumen. According to the results obtained, the total water content of oil varied from 58.2% to 74.4%. A high degree

of water content can lead to a decrease in the strength and resistance of road bitumen to thermal and mechanical loads [1, 3].

The mass content of sulfur varies from 0.092% to 0.124%. This indicator is important for determining the resistance of bitumen to thermal destruction and the influence of aggressive environments. High sulfur content can contribute to the formation of sulfide compounds, which increases the risk of corrosion and reduces the durability of road bitumen [2].

The chloride content in oil, according to the analysis results, ranged from 3047.2 to 38810.6 mg/l. The presence of chlorides can significantly increase the corrosive effect on bitumen, especially in conditions of high humidity and interaction with metal surfaces. Chlorides can also accelerate the aging process of road bitumen, leading to its destruction [2, 3].

The content of mechanical impurities in the studied oil samples ranged from 0.028% to 0.093%. Impurities can negatively affect the adhesive properties of road bitumen, and their presence increases the risk of cracking. Oil acidity in the range from 0.002 to 0.003 mg KOH/100 cm³ indicates its neutral chemical activity, which is a favorable factor for the production of high-quality road bitumen [1].

The content of hydrogen sulfide, as well as methyl and ethyl mercaptans, was insignificant, varying within the range: H₂S 0.136–0.194 ppm, CH₃SH 0.813–1.641 ppm, C₂H₅SH 4.260–4.360 ppm. The low content of these compounds reduces the risk of harmful gas emissions during heating of road bitumen and contributes to its durability [3].

Additional studies of oil collected from the Zhetybai field showed that the content of mechanical impurities in oil (including sand, clay and salts soluble in hydrochloric acid) can reach 83.8%. These mechanical impurities include fine-grained sand, as well as corrosion products, which negatively affects the quality of oil and, accordingly, road bitumen.

Water in oil and the organic part make up a significant share (13.8%), which confirms the high degree of contamination of oil and, consequently, the impact on the quality of the road bitumen produced [1, 2].

In addition, the organic content of oil (e.g. hydrocarbons and resins) determines its ability to form turpentine deposits, which can reduce the strength of road bitumen and its resistance to environmental influences. At the same time, the salt content of oil confirms the presence of aggressive chemical compounds that can accelerate corrosion and worsen the mechanical characteristics of the final product [2].

Road bitumen is the main binder in asphalt concrete mixtures, where it combines sand, crushed stone and other additives, forming a strong and durable coating for asphalt roads. The strength, wear resistance, water drainage and resistance of the road surface to changes in temperature conditions depend on its quality. The influence of impurities, such as mechanical particles and chemical compounds, on the quality of road bitumen is critical, as this can lead to a deterioration in the performance characteristics of roads [3].

The conducted research showed that the physical and chemical characteristics of oil have a significant impact on the quality and performance properties of road bitumen.

High water content and chloride content have a negative impact on the stability of road bitumen, while low sulfur and mechanical impurities content helps improve its heat resistance and durability. The obtained data on the high content of mechanical impurities, salt and organic matter in oil collected from the Zhetybai field provide important recommendations for optimizing the process of refining oil into road bitumen.

The use of high-quality road bitumen will help improve the condition of asphalt roads in our country, increasing their resistance to external influences and increasing their service life [1-3].

References

1. GOST 26449.1-85. *Stationary distillation and desalination units. Methods of chemical analysis.*
2. GOST 18995.1-73. *Bitumen. Heat resistance test method*
3. ST RK 1312-2004. *Road bitumen*

МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

Развитие цивилизации приводит к постоянному спросу на новые продукты жизнедеятельности человека, что вызывает необходимость в новых веществах. Большинство разработанных технологических задач в мире связано с учетом основных законов химии и знаниями химической теории, поэтому фундаментальные исследования лежат в основе любого технологического процесса.

Они позволяют прийти к более глубокому пониманию различных физико-химических взаимодействий. К фундаментальным исследованиям относится и термодинамика, рассматривающая энергетические превращения, которыми сопровождаются физические и химические процессы.

Все ученые мира знают, что диаграмма состояния, построенная экспериментальным путем содержит, в себе колоссальную термодинамическую информацию о взаимодействии компонентов. И извлечь её из диаграммы состояния, т.е. получить сведения о энергии Гиббса избыточной и смещения компонентов возможно только при решении прямой задачи: математическом описании линии ликвидус и солидус. Важно отметить, что не существует ни одной зависимости термодинамической функции как функции температуры и состава. Если бы это было так, тогда все проблемы физической химии были бы решены.

Первый этап обратной задачи Гиббса нами решен, т.е. получено модифицированное уравнение Шредера-Ле-Шателье, позволяющее аналитически описать линии ликвидус и солидус [1,2]. В связи с этим рассмотрим вывод аналитических выражений парциальных избыточных энтальпии ($\Delta H^{M(E)}$) и энтропии (ΔS^E) смещения ликвидусного компонента в системах с соотношением $\Phi_i = A_i + B_i \cdot a_i$.

Разность между термодинамической функцией смещения G^M для реального раствора и значением этой функции для идеального раствора G_{id}^M при тех же T и p называется избыточной термодинамической функцией. Таким образом:

$$\Delta G_i^E = RT \ln j_i \quad (1)$$

Связь между коэффициентом активности и коэффициентом Бьеррумма-Гуттенгейма устанавливается следующим образом:

$$\Phi_i = \frac{\Delta G_{m,i}^{S \rightarrow L}}{\Delta G_{m,i}^{id}} = \frac{\Delta \mu_i^L - \Delta \mu_i^S}{\Delta \mu_{i,id}^L - \Delta \mu_{i,id}^S} = \frac{\ln(a_i^L/a_i^S)}{\ln(x_i^L/x_i^S)} = 1 + \frac{\ln \gamma_i^L / \ln \gamma_i^S}{\ln x_i^L / \ln x_i^S}. \quad (2)$$

где $\Delta G_{m,i}^{S \rightarrow L}$ - энергия Гиббса плавления компонента к ее идеальной составляющей $\Delta G_{m,i}^{S \rightarrow L} = RT \ln x_i^L - RT \ln x_i^S$.

Термодинамическая классификация растворов основана на характере уравнений для химических потенциалов компонентов раствора. В идеальном растворе для каждого компонента справедливо выражение:

$$\mu_i^{id}(T, P, X) = \mu_i^0(T, P) + RT \ln x_i, \quad \gamma_i(T, P, X_1, \dots, X_{k-1}) = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, k). \quad (3)$$

По аналогии с уравнением (6) зависимость химических потенциалов неидеального раствора от концентрации можно записать, согласно работе], в виде:

$$\mu_i(T, P, X) = \mu_i^0(T, P) + RT \ln \gamma_i x_i, \quad (4)$$

где γ_i — коэффициент активности.

Вместо коэффициента активности можно использовать другой поправочный фактор, называемый осмотическим коэффициентом Бьеррума - Гуттенгейма, который вводят следующим образом:

$$\mu_1(T, P, X) = \mu_1^0(T, P) + \Phi_1 \cdot RT \cdot \ln x_1, \quad (8)$$

где Φ_1 - осмотический коэффициент Бьеррума и Гуттенгейма растворителя $\Phi \rightarrow 1$ при $x_1 \rightarrow 1$ и $x_{2,3} \dots \rightarrow 0$.

Сопоставляя это выражение с уравнением (7) найдем, что

$$\Phi - 1 = \frac{\ln \gamma_i}{\ln x_i} \quad \text{или} \quad \Phi = \frac{\ln a_i}{\ln x_i}. \quad (9)$$

Следовательно, коэффициент активности можно выразить следующим образом: $\ln \gamma_i = (\Phi - 1) \ln x_i$

Тогда имеем исходные данные для расчета парциальных избыточных термодинамических функций смешения ликвидусного компонента:

$$\Phi_i = A_i + B_i \cdot a_i \quad (10)$$

$$a_i = \exp \left[\frac{\Delta H_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,1}} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (11)$$

$$\ln x_i = \frac{\Delta H_{m,i}}{R \cdot \Phi_i} \cdot \left(\frac{1}{T_{m,1}} - \frac{1}{T} \right)_0 \quad (12)$$

$$\left(\frac{d\Delta G_i^E}{dT} \right)_{x,p} = -\Delta S_i^E ; \quad \Delta G_i^E = \Delta H_i^{E(M)} - T\Delta S_i^E \quad (13)$$

При дифференцировании функции ΔG_i^E по T при $x = \text{const}$

$$\begin{aligned} \Delta G_i^E)' &= -\Delta S_i^E = [RT(\Phi_i - 1) \ln x]' = R \cdot \ln x (\Phi_i - 1 + T \cdot \Phi_i') = \\ &= R \cdot \ln x (\Phi_i - 1 + T \cdot B_i \cdot a_i \cdot \frac{\Delta H_{m,i}}{R} \cdot \frac{1}{T^2}); \end{aligned} \quad (14)$$

$$\Delta S_i^E = - R \cdot \ln x (\Phi_i - 1 + B_i \cdot a_i \cdot \frac{\Delta H_{m,i}}{RT}); \quad (15)$$

$$\Delta H_i^{E(M)} = - B_i \cdot a_i \cdot \Delta H_{m,i} \cdot \ln x_i. \quad (16)$$

По данной методике для систем Fe-Mn, Fe-Cr, Fe-Si, Fe-Al были вычислены термодинамические характеристики железа [3, 4]

Список использованных источников

1. V.V. Tolokonnikova, S.O. Baisanov, Zh.K. Saulebek, A.S. Orlov / Mathematical description of the lines of monovariant phase equilibria on the MnO-SiO₂ phase equilibrium diagram «CIS Iron and Steel Review», 2023, Vol. 26. - P.105-110.
2. Baisanov S.O., Tolokonnikova V.V., Narikbayeva G.I., Korsukova I.Y., Vorobkalo N.R. / Development of Theoretical Basis for Low-Percentage Ferrotitanium Production Technology with Using Ferrosilicon Aluminium (2022) High Temperature, 60 (6), pp. 775-780.
3. Tolokonnikova V.V., Baisanov S.O., Narikbayeva G.I., Yerekeyeva G.S. / Regularities of phase equilibria based on the Bjerrum-Guggenheim concept for the Fe-Al binary system (2022) CIS Iron and Steel Review, 24, pp. 79-83.
4. Tolokonnikova V.V., Baisanov S., Narikbayeva G., Korsukova I., Mukhambetgaliyev Y. / Modeling method of phase equilibrium in metal-slag system (2021) Metalurgija 60(3-4), pp. 292-294.

ӘОЖ. 621.762.

Төлеукадыр Р.Т. (Павлодар, Toraighyrov University)
Ахметов А.С. (Қарағанды, Ж.Әбішев атындағы ХМИ)
Жунусов А.К. (Павлодар, Toraighyrov University)
Еремеева Ж.В. (Мәскеу, МИСИС)
Аяганова Ж.Т. (Қарағанды, Ж.Әбішев атындағы ХМИ)

МЕТАЛЛ ИЛЕМДЕУ ОТҚАБЫРШАҒЫН УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ТАЗАРТУ

Ультрадыбыстық тазарту – бұл заттардың бетіндегі ластаушы заттарды кетіру үшін ультрадыбыстық энергияны қолданатын үрдіс. Бұл әдіс өндіріс, медицина, фармацевтика, зергерлік бұйымдар және басқалары сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, өйткені оның тиімділігі мен күрделі пішінді бөлшектерді механикалық зақымданусыз тазарту қабілеті.

Ультрадыбыстық тазалау қалай жұмыс істейді: ультрадыбыстық толқындарды жасау: ультрадыбыстық тазартуға арналған арнайы ваннада немесе резервуарда ультрадыбыстық пьезоэлектрлік түрлендіргіштер шығаратын жоғары жиілікті ультрадыбыстық толқындар бар; кавитация: ультрадыбыстық толқындар сұйықтықта тербеліс тудырады(көбінесе жуғыш зат қосылған суда). Бұл тербелістер микроскопиялық көпіршіктердің пайда болуына әкеледі, олар құлаған кезде (кавитация деп аталатын үрдіс) жергілікті жоғары температура мен қысымды тудырады. Бұл күштер заттардың бетіндегі ластануды тиімді түрде жояды; тазалау: кавитация көпіршіктері заттың бетіндегі кірді, тотты, майларды, шанды және басқа ластаушы заттарды "қағып", оны тазартуға әкеледі [1,2].

Ультрадыбыстық тазалаудың артықшылықтары: жоғары тиімділік: ультрадыбыстық тазалау тіпті қиын және күрделі беттерден, соның ішінде тесіктерден, арналардан және микрожарықтардан кірді кетіреді; механикалық әсердің болмауы: бұл әдіс тазартылатын заттарға зиян келтірмейді, бұл әсіресе нәзік материалдар үшін өте маңызды; жылдамдық пен үнемділік: ультрадыбыстық тазалау қысқа уақыт ішінде бөлшектердің үлкен мөлшерлерін жылдам тазартуға мүмкіндік береді [3,4].

Біз ультрадыбыстық тазалау әдісін қолдандық, өйткені ол материалға зақым келтірместен отқабыршақтың бетіндегі майлануды тиімді және жылдам кетіруге мүмкіндік береді. Ультрадыбыстық толқындар кавитациялық көпіршіктерді жасайды, олар ыдырап, бөлшектердің бетіндегі майлар мен майларды кетіруге қабілетті микроскопиялық соққы толқындарын құрайды [5]. Бұл әдіс жұмсақ, қатты химиялық заттарды қолдануды қажет етпейді және масштабқа қосымша механикалық зақым келтірмейді, бұл оны зертханалық немесе өндірістік жағдайларда нәзік тазарту үрдістері үшін өте қолайлы етеді. Сонымен қатар, ультрадыбыстық тазарту майдың жұқа қабаттары болған кезде де тиімді және тазартудың

жоғары деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. 1-суретте зертханалық ультрадыбыстық ваннаның сыртқы түрі көрсетілген.



Сурет 1 – Зертханалық ультрадыбыстық ванна YAXUN YX3030

Бұл ультрадыбыстық ваннаның көлемі 0,5 л, корпусы ваннаның қабырғасынан тот баспайтын болаттан жасалған, жұмыс жиілігі – 35-45 кГц, орта – су, ұзақтығы – 60 мин. 2-суретте отқабыршақтың ультрадыбыспен тазалауға дейінгі және ультрадыбыспен тазалаудан кейінгі бейнесі көрсетілген. 3-суретте ультрадыбыстық тазартудан кейінгі масштабтың РЭМ суреттері көрсетілген (суреттер Ziptools ZEM20 РЭМ-да түсірілген).

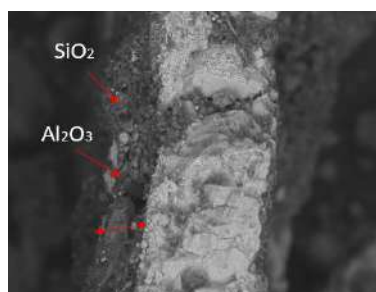


а



б

Сурет 3 – Отқабыршақтың ультрадыбыспен тазалауға дейінгі (а) және ультрадыбыспен тазалаудан кейінгі (б) бейнесі



а



б

Сурет 3 – РЭМ-да отқабыршақтың ультрадыбыстық тазартуға дейінгі (а) және одан кейінгі (б) суреті

3-суреттен металл илемдеу отқабыршағын майланудан тазарту үшін ультрадыбыстық ваннаны қолдану оның жағдайын едәуір жақсартуға

мүмкіндік бергенін байқауға болады. Сонымен, тазартудан бұрын (3-сурет, а) отқабыршақтың бетіндегі ластанушы заттардың қатты қабаты көрінеді, ал кейін (3-сурет, б) бұл пленка жоғалды. Кері шағылысқан электрондарды детектирлеу режимін қолдану арқылы түс градиенті бойынша материалдардың табиғатындағы айырмашылықтарды бағалауға болады. Бөлшектердің бетінде SiO_2 және Al_2O_3 металл емес қосындылары бар, олардың болуы химиялық талдау нәтижелерімен көрсетілген. Ультрадыбыстық тазартудан кейін май мен оксидтің ластануы металдың бетінен едәуір жойылып, оны таза және тегіс қалдырады. Нәтижесінде металл жеңіл және жылтыр көрініске ие болады, ластанудың қалдықтары аз болады. Осы нәтижелерді растау үшін отқабыршаққа химиялық талдау жүргізілді, оның нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Ультрадыбыстық тазартуға дейінгі және тазартудан кейінгі отқабыршақтың химиялық құрамы

Материал атауы	Құрамы, %				
	Fe _{жалпы}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
Тазартуға дейінгі отқабыршақ	65,95	3,15	0,68	0,094	0,024
Тазартудан кейінгі отқабыршақ	69,75	1,95	0,59	0,090	0,020

3-кестеден көріп отырғанымыздай, отқабыршақтағы темірдің үлесі артып, басқа негізгі компоненттердің үлесі азайды. Металл илемдеу отқабыршақтарын ультрадыбыстық әдіспен тазалау – металл бұйымдарының бетінен қабыршақты кетірудің ең тиімді әрі келешегі бар әдістерінің бірі болып табылады. Дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда (механикалық немесе қышқылмен тазалау), ультрадыбыстық технология металл бетіне жұмсақ әрі біркелкі әсер етіп, оның құрылымын бұзбайды және бастапқы геометриялық өлшемдерін сақтай отырып жоғары сапалы тазалау жүргізеді.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Akhmetov, A.S., Ereemeeva, Z.V. & Makhambetov, E.N. Application of hydrogen in production of ferroalloys. *Metallurgist* 67, 1621–1627 (2024).
2. Akhmetov, A.S., Ereemeeva, J.V. Prospects for the Extensive Application of Hydrogen in Powder Metallurgy. *Metallurgist* 65, 314–319 (2021).
3. Shin, S. M., Lee, D.-W., Yun, J.-Y., Kang, Ch.-Y., & Wang, J.-P. (2015). A study on the fabrication of iron powder from forging scale using hydrogen. *Archives of Metallurgy and Materials*, 60(2), 1547–1549.
4. Khaerudini, D.S., Chanif, I., Insiyanda, D.R. et al. Preparation and Characterization of Mill Scale Industrial Waste Reduced by Biomass-Based Carbon. *J. Sustain. Metall.* 5, 510–518 (2019).
5. Akhmetov, A.S., Ereemeeva, Z.V. & Rupasov, S.I. Investigation of Hot Pressing Process of High-Speed Steel Powder Mixture with Diffusion-Alloyed Additive. *Inorg. Mater. Appl. Res.* 14, 933–937 (2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАНАДИЯ И НИОБИЯ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ВЫСОКОХРОМИСТОМ ЧУГУНЕ

В условиях возрастающих требований к стойкости литых деталей в агрессивных и абразивных средах, особую актуальность приобретает задача повышения эксплуатационных свойств высокохромистых чугунов без ухудшения их прочностных характеристик [1]. Одним из наиболее эффективных направлений является использование легирующих добавок, способных целенаправленно влиять на структуру и фазовый состав. Среди таких добавок наибольший интерес представляют ниобий [2] и ванадий [2-3] как эффективные карбидообразующие элементы. Их применение позволяет модифицировать микроструктуру чугуна на уровне кристаллизации, улучшить распределение карбидной фазы и сформировать более устойчивую и износостойкую структуру [4].

С целью оценки влияния ниобия и ванадия на фазовый состав высокохромистого чугуна был проведен термодинамический расчет в программе Thermo-Calc 2025a с базой данных TCFE13. Это позволило определить последовательность фазовых превращений, температурные интервалы кристаллизации и устойчивость карбидных фаз при различных концентрациях легирующих элементов.

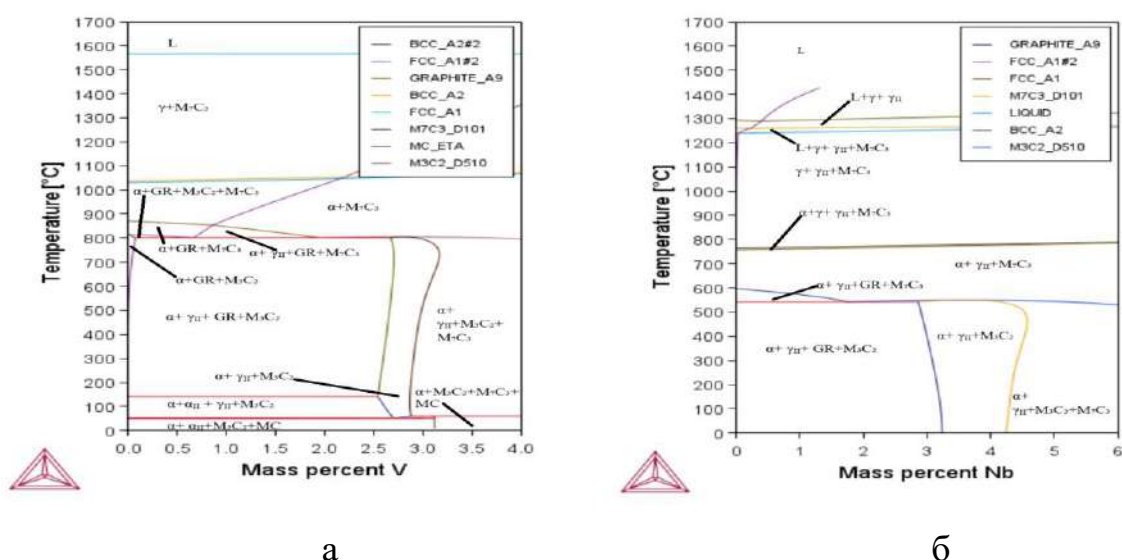


Рис.1 -Фазовые диаграммы высокохромистого чугуна, рассчитанная в программе Thermo-Calc
 а) при различном содержании ванадия; б) при различном содержании ниобия

На рис.1а представлена фазовая диаграмма с варьированием содержания ванадия (0-4% масс.) рассчитанная в Thermo-Calc. При содержании до 0,5% преобладают фазы (γ и M_7C_3). С увеличением доли ванадия формируются карбиды M_3C_2 , а M_7C_3 вытесняются. При 0,7%V структура при низких температурах представлена фазами $\alpha + \gamma_{II} + M_3C_2$. При повышении содержания ванадия 2% может привести к образованию хрупких первичных карбидов.

На рис.1б показана диаграмма с варьированием ниобия (0-6% масс.). При Nb < 0,5 % формируются $\gamma + M_7C_3$. В интервале 1,0-1,5% появляется устойчивый карбид M_3C_2 . Аустенит выделяется при 1300–1310 °С, эвтектика $\gamma + M_7C_3$ — при 1265–1270 °С. Ниже 600 °С структура включает $\alpha + \gamma_{II} + M_7C_3 + M_3C_2$.

После термодинамического моделирования проводили выплавку чугуна в алундовом тигле на основе ЧХ16 в индукционной печи УИП-25 с введением ферросплавов - феррониобия и феррованадия с целью получения 0,7 % V и 1,5 % Nb в конечном сплаве. Разливка металла осуществлялась в песчано-глинистую форму. После охлаждения образцы подвергались пробоподготовке для исследования микроструктуры на электронном сканирующем микроскопе JEOL JSM-IT200 с системой энергодисперсионного анализа (EDS).

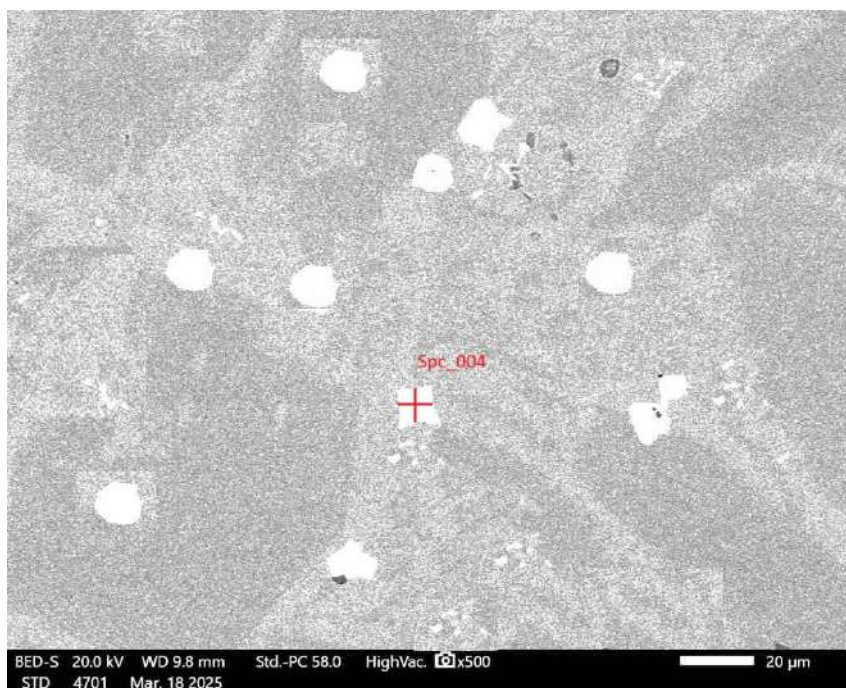
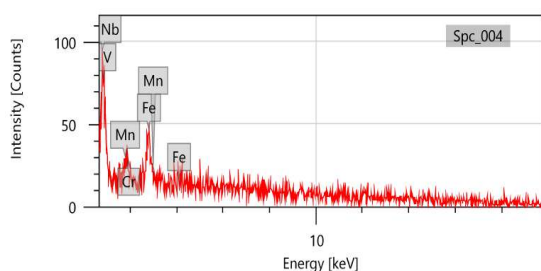


Рис.2 - Микроструктура опытного сплава



Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_004	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	12.74±0.36	50.26±1.42
Ti	K	5.21±0.19	5.16±0.19
V	K	1.28±0.12	1.19±0.11
Cr	K	3.54±0.18	3.23±0.17
Mn	K	0.38±0.10	0.33±0.09
Fe	K	1.90±0.14	1.61±0.12
Nb	L	74.95±0.74	38.23±0.38
Total		100.00	100.00
Spc_004			Fitting ratio 0.1283

Рис. 3 - Результаты МРСА

На рис.2 представлена структура опытного образца. В структуре наблюдается аустенитно-карбидная фаза. На рис.3 результаты МРСА, где светлые фазы идентифицированы как карбид ниобия что подтверждается высоким содержанием ниобия (74,95%) и углерода (12,74%).

Таким образом, проведенное термодинамическое моделирование и микроструктурный анализ показали, что при легировании высокохромистого чугуна 0,7 % V и 1,5 % Nb формируются фазы $\alpha + \gamma_{II} + M_7C_3 + M_3C_2$, что подтверждается микроструктурными исследованиями. Ванадий способствует образованию карбидов M_3C_2 , в то время как ниобий стабилизирует карбидную фазу и тормозит рост эвтектических M_7C_3 . Результаты МРСА выявили наличие карбидов NbC в светлых включениях, что указывает на высокую активность ниобия при кристаллизации. Наиболее эффективное содержание ниобия в пределах 1,0-1,5%, а ванадия до 1,0%, при котором достигается оптимальное сочетание структурной устойчивости и потенциальной износостойкости сплава.

Список использованных источников

1. Bedolla-Jacuinde A. et al. Niobium Additions to a 15% Cr–3% C White Iron and Its Effects on the Microstructure and Abrasive Wear Behavior. *Metals*, 2019, 9(12), 1321.
2. Penagos J.J. et al. Synergetic effect of niobium and molybdenum on abrasion resistance of high chromium cast irons. *Wear*, 2017, 376–377, pp. 983–992.
3. Ngo H.K.L. et al. Influence of Nb and V Addition on Abrasive and Impact Wear Properties of 16%Cr–3%Mo White Cast Iron. *Mater. Trans.*, 2020, 61(12), 2363–2370.
4. Sanchez-Cruz A. et al. Microstructural modification of a static and dynamically solidified high chromium white cast iron alloyed with vanadium. *Results in Materials*, 2020, 7, 100114.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕРАБОТКИ СТАЛЕЛИТЕЙНЫХ ОТХОДОВ В ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Работа посвящена анализу экологических и экономических преимуществ переработки отходов сталелитейной промышленности в огнеупорные материалы, рассматриваемой как часть устойчивого развития металлургического комплекса. Приводится классификация основных типов сталелитейных отходов, раскрываются ключевые технологические подходы к их переработке, включая физическую, химическую и биологическую обработку. Оценивается международный и казахстанский опыт внедрения таких технологий, рассматриваются конкретные кейсы на уровне предприятий и регионов. Особое внимание уделено инновационным решениям, включая искусственный интеллект, нанотехнологии, биоэкстракцию и аддитивное производство. Выявлены барьеры и предложены меры по их преодолению в правовой, технологической и организационной плоскости.

Сталелитейная отрасль является одной из наиболее ресурсоёмких и экологически напряжённых отраслей тяжёлой промышленности. Каждый год металлургические предприятия генерируют миллионы тонн отходов: от шлаков и шламов до пыли газоочисток и изношенных огнеупоров. В условиях ограниченности ресурсов и усиления требований к экологической безопасности перед страной стоит задача трансформации подходов к обращению с техногенными отходами. Одним из ключевых решений является их повторное использование в качестве сырья для производства огнеупорных материалов. Это снижает нагрузку на окружающую среду, уменьшает потребление природных ресурсов и обеспечивает замкнутый производственный цикл.

Классификация и характеристика сталелитейных отходов. Шлаки — основная категория отходов, образующихся при выплавке стали, представляют собой комплекс оксидов металлов и примесей. Шлам — это осадки, состоящие из мелкодисперсной металлургической пыли. Пыль газоочисток содержит значительное количество тяжёлых металлов, опасных для здоровья и природы. Отработанные огнеупоры включают кирпичи и покрытия, утратившие эксплуатационные свойства. Все эти фракции при соответствующей обработке могут быть возвращены в производственный цикл.

Трудности переработки отходов. Внедрение технологий переработки сдерживается рядом барьеров. Во-первых, нестабильность состава отходов требует дополнительной сортировки и анализа. Во-вторых, в Казахстане недостаточно специализированных предприятий с нужной инфраструктурой. Кроме того, высокие капитальные затраты делают такие

проекты невыгодными без государственной поддержки. Также наблюдается слабый интерес со стороны потребителей к вторичным огнеупорам, что связано с недоверием к их качеству. Отсутствие единой технической и нормативной базы затрудняет стандартизацию и масштабирование переработки.

Мировая практика показывает высокую эффективность переработки при условии наличия стимулирующих мер. В Германии применяется индукционная сортировка и брикетирование, а уровень переработки достигает 90%. Япония использует нанофильтрацию и плазменную очистку, перерабатывая до 95% отходов. Китай внедряет химическую переработку и гидротермальные методы, поддерживая обязательные квоты на переработку. США акцентируют внимание на термической регенерации и поддерживают отрасль грантами и налоговыми льготами. На фоне этих примеров уровень переработки в Казахстане (~20%) остаётся низким, что подчёркивает необходимость институциональных реформ и стимулирующих мер.

Инновационные технологии. Цифровизация переработки идёт через внедрение систем искусственного интеллекта, анализирующих состав отходов в реальном времени. Нанотехнологии позволяют улучшать свойства огнеупоров: повышать термостойкость, устойчивость к износу и коррозии. Гидрометаллургия и биоэкстракция предлагают экологически чистые методы извлечения металлов из пыли и шламов. Ультразвуковая и микроволновая переработка сокращает энергозатраты и позволяет работать в экологически чувствительных зонах. Наконец, 3D-печать из переработанных материалов открывает путь к точной настройке свойств огнеупоров и минимизации отходов.

Практические примеры. На заводе «МетаПром» в Пермском крае перерабатываются 30 тыс. тонн отходов в год, снижая захоронение на 65% и создавая десятки рабочих мест. В ЛНР переработка шлаков в огнеупоры позволила повысить коэффициент повторного использования до 72%. ММК реализует замкнутый цикл переработки отработанных огнеупоров, перерабатывая более 18 тыс. тонн. В Челябинске разрабатываются технологии извлечения магнетита с эффективностью до 84%. Эти кейсы доказывают, что переработка отходов — это не просто теория, а реальная практика, обеспечивающая экономическую рентабельность и экологическую безопасность.

Экологические и экономические выгоды. Сталелитейное производство оказывает серьёзное воздействие на окружающую среду, включая загрязнение воздуха, воды и почвы. Переработка отходов в огнеупорные материалы помогает сократить выбросы углерода, снизить потребление энергии и уменьшить объёмы захоронений. Уменьшая потребность в первичном сырье, переработка снижает нагрузку на природные ресурсы и предотвращает загрязнение почвы тяжёлыми металлами. Также она способствует водосбережению за счёт сокращения загрязнения сточных

вод. Технологии переработки требуют меньше энергии, чем производство из природного сырья, что уменьшает углеродный след отрасли.

Примеры успешной реализации:

– Германия: Внедрение передовых технологий переработки позволило достичь высокого уровня утилизации отходов и снизить экологическое воздействие сталелитейной промышленности.

– Япония: Использование инновационных методов переработки отходов способствует сокращению выбросов и сохранению природных ресурсов.

– Россия: Некоторые предприятия внедряют технологии переработки отходов в огнеупорные материалы, что способствует снижению экологической нагрузки и повышению эффективности производства.

Примеры Германии, Японии и России показывают, что экологический эффект наиболее выражен при государственной поддержке и инновационном подходе. Таким образом, переработка отходов — ключевой инструмент экологизации металлургии и перехода к устойчивому производству.

Экономически переработка выгодна за счёт уменьшения затрат на утилизацию, сокращения потребности в импортном сырье и создания новых рабочих мест. Предприятия, внедряющие замкнутые циклы, укрепляют свои позиции на рынке и улучшают ESG-показатели.

Переработка сталелитейных отходов в огнеупоры — перспективное направление в рамках перехода к зелёной экономике. Оно требует не только технологических инноваций, но и комплексной поддержки на уровне законодательства, экономики и образования. Реализация таких подходов обеспечит экологическую устойчивость, экономическую выгоду и международную конкурентоспособность отечественной металлургии.

Список использованных источников

1. Zhang H., Tian Y. Recycling of refractory bricks used in basic steelmaking: A review // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — Т. 277. — 123321.
2. Малышева К. Ю. О необходимости государственной поддержки развития инфраструктуры переработки [3] отходов чёрной металлургии в Тульском регионе // *Региональная экономика и устойчивое развитие*. — 2020. — №2(38). — С. 115–121.
3. Ma Q., Wang J., Li J. Advances in AI-based classification of metallurgical slags // *Resources, Conservation and Recycling*. — 2021. — Т. 170. — 105617.
4. Сычева И. В., Котенева М. В., Захарова Е. В. Методические подходы к разработке экологически безопасных технологий [7] по использованию твёрдых отходов чёрной металлургии // *Экология промышленного производства*. — 2022. — №3. — С. 18–22.
5. Chaurasia A., Subramanian S. Technological innovations in recycling of metallurgical wastes [11]: status and future directions // *Minerals Engineering*. — 2022. — Т. 179. — 107413.

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА СТРОЕНИЯ СИСТЕМ Fe-Al-Cr и Si-Cr-Fe ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ПЛАВЛЕНИЯ 1723К В КОМПЛЕКСНОМ СПЛАВЕ Al- Cr-Fe-Si

Системы Cr-Fe-Al и Cr-Fe-Si являются базовыми при разработке технологии выплавки нового комплексного сплава – алюмосиликохрома. Алюмосиликохром в основном предназначен в виде восстановителя для металлотермического производства низко- и среднеуглеродистых марок феррохрома, который последующем применяется при выплавке нержавеющей марок сталей. Поэтому для совершенствования технологии производства хромовых сплавов необходимо изучить системы Cr - Fe - Al и Cr - Fe - Si методами термодинамического и диаграммного анализов.

Диаграммы состояния Fe - Al - Cr и Si - Cr - Fe представляют собой совокупность двойных соединений, образующихся в её бинарных подсистемах Cr - Fe, Cr - Al, Fe - Al и Cr - Si, Cr - Fe, Fe - Si соответственно.

При проведении триангуляции систем Cr - Fe - Al и Cr - Fe - Si возникает необходимость в определении температурной зависимости теплоемкостей, а также энтальпии и энтропии плавления этих соединений [1-3].

Для определения теплоемкости в жидком состоянии использовали метод Неймана-Коппа, основанный на аддитивном вкладе различных атомов в молекулярную теплоемкость соединения [4]:

$$C_p^{жс} = \sum_i C_{p(i)}^{жс} \cdot n_i, \quad (1)$$

где: $C_{p(i)}^{жс}$ — атомная составляющая (инкремент) теплоемкости элемента в соединении, Дж/(моль·К);

n_i — число атомов i -того элемента в молекуле соединения.

Для определения теплоемкости рассматриваемых соединений при температуре плавления теплоемкости простых веществ в жидком состоянии взяты из [4].

Для определения энтальпии плавления — $\Delta H_{пл}^0$ слабо полярных молекулярных соединений применили полуэмпирический метод [4]:

$$\Delta H_{пл} = 6,147 \cdot T_{пл}^{1,333}, \quad (2)$$

Энтропия плавления — $\Delta S_{пл}^0$ каждого соединения определяется по [4]:

$$\Delta S_{пл}^0 = \frac{\Delta H_{пл}^0}{T_{пл}}. \quad (3)$$

Рассчитанные термодинамические константы соединений в системе Cr - Fe - Al - Si сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета термодинамических параметров

№ п.п.	Соединения	T _{пл} , К	ΔH _{пл} , Дж/моль	ΔS _{пл} , Дж/(моль·К)
1	CrAl ₇ (конг.)	1723	270125,5	642,015
2	Cr ₂ Al ₁₁ (инконг.)	1723	411322,0	1041,632
3	CrAl ₄ (инконг.)	1723	142192,8	396,410
4	Cr ₄ Al ₉ (инконг.)	1723	444994,9	1079,437
5	Cr ₅ Al ₈ (инконг.)	1723	435428,6	1078,748
6	Cr ₂ Al (конг.)	1723	100989,2	247,791
7	Cr ₃ Si (конг.)	1723	57670,0	289,541
8	Cr ₅ Si ₃ (конг.)	1723	8337,5	568,380
9	CrSi (инконг.)	1723	19346,1	136,446
10	CrSi ₂ (конг.)	1723	40519,5	199,948
11	FeAl (инконг.)	1723	11576,5	180,743
12	Fe ₂ Al ₅ (конг.)	1723	17592,8	854,115
13	FeAl ₃ (инконг.)	1723	103285,9	289,076
14	Fe ₂ Si (конг.)	1723	75875,4	256,892
15	Fe ₅ Si ₃ (инконг.)	1723	145547,8	648,269
16	FeSi (конг.)	1723	9829,3	147,338
17	FeSi ₂ (конг.)	1723	42838,9	208,425

Полученные результаты в совокупности со стандартными значениями термодинамических свойств этих соединений могут служить основой для уточненной тетраэдрации системы Cr - Fe - Al - Si вплоть до температур плавления всех веществ в системе. Такая тетраэдрация позволяет прогнозировать эффективные составы комплексного сплава – алюмосиликохрома.

При проведении триангуляции (с учетом конгруэнтных и инконгруэнтных соединений) тройной системы Fe - Al - Cr (рис. 1) образовались пять областей. В областях Fe - Cr- Cr₂Al (1), Fe - Cr₂Al - FeAl (2), FeAl - Cr₂Al - Fe₂Al₅ (3) и Fe₂Al₅ - FeAl₃ - Cr₂Al (4) инконгруэнтные соединения не имеются. При этом область FeAl₃ - Al - Cr₂Al имеет одно инконгруэнтное соединение – FeAl₃, соответственно данное инконгруэнтное соединение делит данную область на шесть подобластей: FeAl₃ - Cr₂Al- Cr₅Al₈ (5^I), FeAl₃ - Cr₅Al₈ - Cr₄Al₉ (5^{II}), FeAl₃ - Cr₄Al₉ - CrAl₄ (5^{III}), FeAl₃ - CrAl₄ - Cr₂Al₁₁ (5^{IV}), FeAl₃ - Cr₂Al₁₁ - CrAl₇ (5^V) и FeAl₃ - Al - CrAl₇ (5^{VI}).



При проведении триангуляции тройной системы Si-Cr-Fe (рис. 2) образовались семь областей. При этом область Si - Cr₅Si₃ - FeSi₂ имеет одно конгруэнтное соединение – CrSi₂, в результате которого образовались три подобласти: Si-CrSi₂-FeSi₂ (1^I), CrSi-FeSi₂-CrSi₂ (1^{II}) и CrSi-FeSi₂-Cr₅Si₃ (1^{III}). В областях FeSi - Cr₅Si₃ - FeSi₂ (2), Cr₅Si₃ - Fe₅Si₃ - FeSi (3), Fe₂Si - Cr₅Si₃ - Fe₅Si₃ (4),



Таким образом, расчетным путем при температурах плавления определены термодинамические функции для соединения систем Fe - Cr - Al и Cr - Fe - Si, а также проведена триангуляция с определением основных и частных областей сосуществования.

Такие диаграммы позволяют определить оптимальные составы комплексных сплавов на

Список использованных источников

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА СТРОЕНИЯ СИСТЕМ Si-Al-Fe и Si-Al-Cr ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ПЛАВЛЕНИЯ 1723К В КОМПЛЕКСНОМ СПЛАВЕ Al- Cr-Fe-S

Системы Si-Al-Fe и Si-Al-Cr являются базовыми при разработке технологии выплавки нового комплексного сплава – алюмосиликохрома. Алюмосиликохром в основном предназначен в виде восстановителя для металлотермического производства низко- и среднеуглеродистых марок феррохрома, который последующем применяется при выплавке нержавеющей марок сталей. Поэтому для совершенствования технологии производства хромовых сплавов необходимо изучить системы Si - Al - Fe и Si - Al - Cr методами термодинамического и диаграммного анализов.

Диаграммы состояния Si - Al - Fe и Si - Al - Cr представляют собой совокупность двойных соединений, образующихся в её бинарных подсистемах Si - Al, Si - Fe, Fe - Al и Si - Al, Si - Cr, Cr - Al соответственно.

При проведении триангуляции систем Si - Al - Fe и Si - Al - Cr возникает необходимость в определении температурной зависимости теплоемкостей, а также энтальпии и энтропии плавления этих соединений [1-3].

Для определения теплоемкости в жидком состоянии использовали метод Неймана-Коппа, основанный на аддитивном вкладе различных атомов в молекулярную теплоемкость соединения [4]:

$$C_p^{жс} = \sum_i C_{p(i)}^{жс} \cdot n_i, \quad (1)$$

где: $C_{p(i)}^{жс}$ – атомная составляющая (инкремент) теплоемкости элемента в соединении, Дж/(моль·К);

n_i – число атомов i -того элемента в молекуле соединения.

Для определения теплоемкости рассматриваемых соединений при температуре плавления теплоемкости простых веществ в жидком состоянии взяты из [4].

Для определения энтальпии плавления – $\Delta H_{пл}^0$ слабо полярных молекулярных соединений применили полуэмпирический метод [4]:

$$\Delta H_{пл} = 6,147 \cdot T_{пл}^{1,333}, \quad (2)$$

Энтропия плавления – $\Delta S_{пл}^0$ каждого соединения определяется по [4]:

$$\Delta S_{пл}^0 = \frac{\Delta H_{пл}^0}{T_{пл}}. \quad (3)$$

Рассчитанные термодинамические константы соединений в системе Cr - Fe - Al - Si сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета термодинамических параметров

№ п.п.	Соединения	T _{пл} , К	ΔH _{пл} , Дж/моль	ΔS _{пл} , Дж/(моль·К)
1	CrAl ₇ (конг.)	1723	270125,5	642,015
2	Cr ₂ Al ₁₁ (инконг.)	1723	411322,0	1041,632
3	CrAl ₄ (инконг.)	1723	142192,8	396,410
4	Cr ₄ Al ₉ (инконг.)	1723	444994,9	1079,437
5	Cr ₅ Al ₈ (инконг.)	1723	435428,6	1078,748
6	Cr ₂ Al (конг.)	1723	100989,2	247,791
7	Cr ₃ Si (конг.)	1723	57670,0	289,541
8	Cr ₅ Si ₃ (конг.)	1723	8337,5	568,380
9	CrSi (инконг.)	1723	19346,1	136,446
10	CrSi ₂ (конг.)	1723	40519,5	199,948
11	FeAl (инконг.)	1723	11576,5	180,743
12	Fe ₂ Al ₅ (конг.)	1723	17592,8	854,115
13	FeAl ₃ (инконг.)	1723	103285,9	289,076
14	Fe ₂ Si (конг.)	1723	75875,4	256,892
15	Fe ₅ Si ₃ (инконг.)	1723	145547,8	648,269
16	FeSi (конг.)	1723	9829,3	147,338
17	FeSi ₂ (конг.)	1723	42838,9	208,425

Полученные результаты в совокупности со стандартными значениями термодинамических свойств этих соединений могут служить основой для уточненной тетраэдрации системы Cr - Fe - Al - Si вплоть до температур плавления всех веществ в системе. Такая тетраэдрация позволяет прогнозировать эффективные составы комплексного сплава – алюмосиликохрома.

При проведении триангуляции (с учетом конгруэнтных и инконгруэнтных соединений) тройной системы Si - Al - Fe (рис. 1) образовались семь областей. В областях Si - Al - FeAl₃ (1), Si - FeSi₂ - FeAl₃ (2), FeAl₃ - FeSi₂ - FeSi (3), FeAl₃ - FeSi - Fe₂Al₅ (4), FeSi - Fe₂Al₅ - Fe₅Si₃ (5) и Fe₂Al₅ - Fe₅Si₃ - Fe₂Si (6) инконгруэнтные соединения не имеются. При этом область Fe₂Al₅ - Fe₂Si - Fe имеет одно инконгруэнтное соединение – FeAl, соответственно данное инконгруэнтное соединение делит данную область на две подобласти: Fe₂Si - Fe₂Al₅ - FeAl (7^I) и FeAl - Fe - Fe₂Si (7^{II})

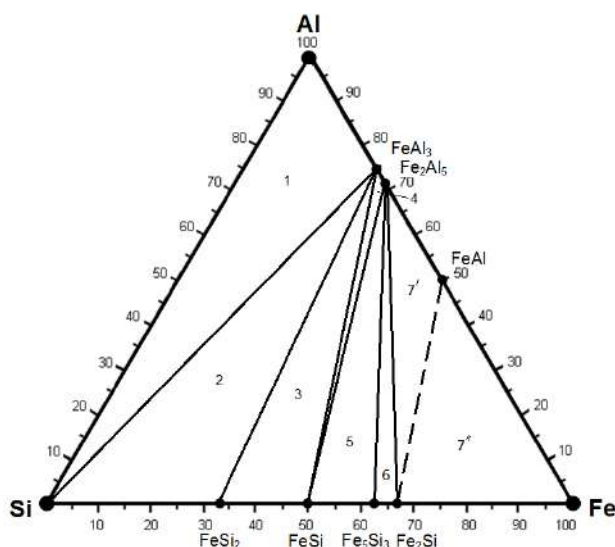


Рисунок 1 – Система Si - Al - Fe

участке диаграммы Cr_5Si_3 – Cr_2Al – Cr имеется одно конгруэнтное соединение – Cr_2Al , в результате которого в ней образуется две подобласти: Cr_5Si_3 - Cr_2Al - Cr_3Si (10^{I}) и Cr_3Si - Cr_2Al - Cr (10^{II}).

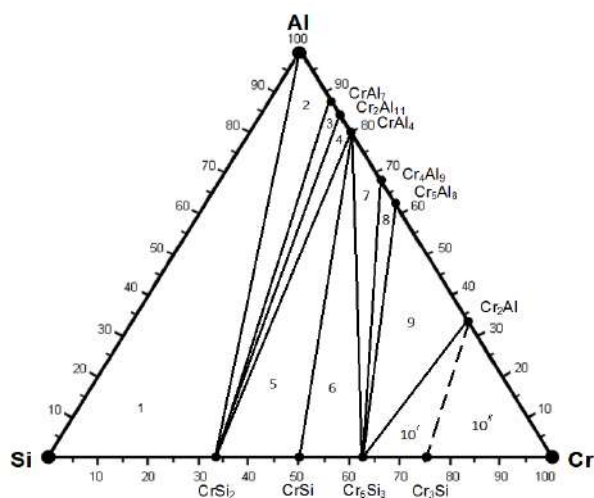


Рисунок 2 – Система Si - Al - Cr

основе Cr, Fe, Si и Al, которые при руднотермической плавке могут обеспечить более полное извлечение этих элементов в металл из различного сырья.

При проведении триангуляции тройной системы Si – Al – Cr (рисунок 2) образовалось десять областей. В областях: Si - Al - CrSi_2 (1), CrSi_2 - Al - CrAl_7 (2), CrSi_2 - CrAl_7 - $\text{Cr}_2\text{Al}_{11}$ (3), CrSi_2 - $\text{Cr}_2\text{Al}_{11}$ - CrAl_4 (4), CrSi_2 - CrAl_4 - CrSi (5), CrSi - CrAl_4 - Cr_5Si_3 (6), Cr_5Si_3 - CrAl_4 - Cr_4Al_9 (7), Cr_5Si_3 - Cr_5Al_8 - Cr_4Al_9 (8), Cr_5Si_3 - Cr_5Al_8 - Cr_2Al (9) инконгруэнтные соединения не имеются. На

Таким образом, расчетным путем при температурах плавления определены термодинамические функции для соединения систем Si - Al - Fe и Si - Al - Cr, а также проведена триангуляция с определением основных и частных областей сосуществования.

Такие диаграммы позволяют определить оптимальные составы комплексных сплавов на

Список использованных источников

1. Köster W., Gödecke T.-Z. Metallkde, 1968, Bd 59, № 8, S. 602 - 605.
 2. Warlimont H. - Z. Metallkde, 1968, Bd 59, № 8, S. 595 - 602.
 3. Lihl F., Ebel H. - Arch. Eisenhüttenw, 1961, Bd 32, № 7, S. 489 - 491.
- Сидоренко Ф. А., Рабинович Б. С. - Науч. Труды / У

THE INVESTIGATION OF FORMATION OF PLASMA-SPRAYED
COATING SPLATS ON ALUMINUM-MAGNESIUM ALLOY

Introduction. Wear and corrosion processes are the main causes of failure of machine parts and metal structures. Up to 70% of machine elements fail due to wear. In order to increase the resistance of parts and various metal structures to wear and corrosion, protective coatings are often used. One of the most effective methods of coating formation is plasma spraying. This spraying method improves the surface properties of various machines, parts and devices (resistance to heat, atmospheric corrosion, wear, etc.). Coating aluminum-magnesium alloys with coatings poses significantly more problems than coating steel alloys. The adhesion of most thermally sprayed coatings to aluminum-magnesium alloys is poor. The state of the substrate surface itself has a significant impact on the adhesion of the coating, as it determines the process of formation of primary splats, the quality of the coatings, and their physical and operational properties.

The aim of the work is to investigate and find the most effective method of cleaning aluminum-magnesium alloys before spraying and to determine its influence on the splats formation process and adhesion of coatings [1-3].

Research methodology. In the work, 80% nickel and 20% aluminum plasma spraying powder from Sulzer Metco was selected. For experimental studies, specimens made of AW 5754 grade aluminum-magnesium alloy were used as the substrate. Various surface cleaning methods were used for the tests, with their corresponding markings: degreasing with acetone and air drying (1 sample); degreasing with acetone, mechanical roughening by grit-blasting with Al_2O_3 abrasive (the average grains size are 600–850 μm), degreasing with acetone and drying in air (2 sample); degreasing with acetone, mechanical roughening by grit-blasting with Al_2O_3 abrasive (the average grains size are 600–850 μm), etching with 30% H_3PO_4 solution ($\text{pH} = 0.7$) for 30 min at room temperature, wash in distilled water, drying in air (3 sample); degreasing with acetone, mechanical roughening by grit-blasting with Al_2O_3 abrasive (the average grains size are 600–850 μm), cathodic cleaning (4 sample). The optimization of plasma spray and of aluminium-magnesium alloys cathodic cleaning process parameters had been accomplished in experiments. In order to perform the formation of 80Ni-20Al powder droplets on the surface of aluminum-magnesium alloys cleaned in different ways, a stand was created. To evaluate the effect of substrate temperature on splat formation, two different Al-Mg substrate temperatures (20 °C and 350 °C) were used. For analyzing the view of the surface of 80Ni-20Al splats, the scanning electron microscopy device SEM JEOL JSM-7600F with secondary electron (SE) detector was used.

Analysis of research results. The formation of individual splats on the substrate surface determines the adhesion strength of the coating and the substrate. In order to evaluate the influence of the cleaning method of the aluminum-magnesium surface and the heat treatment of the substrate on the formation of splats by plasma treatment, studies of the formation of splats of a nickel-aluminum coating on the surfaces of aluminum-magnesium alloys cleaned in various ways were performed.

A qualitative analysis was performed using scanning electron microscopy, during which the shape of splats. The process of coating splat formation on aluminum-magnesium substrates cleaned by different methods with different surface morphology and properties varies greatly.

The results of the research showed that plasma spraying of nickel-aluminum powder on the surfaces of aluminum-magnesium alloys cleaned and heat-treated in different ways produces splats of various shapes: round (convex and concave), scattered, with voids, and fragmented splats. The results of the tests showed that on the aluminum-magnesium surface, from which grease was removed with acetone, a large number of fragmented splats were formed and only a very small part of the splats had voids (Figure 1, a).

The results of the studies showed that when using mechanical and mechanical-chemical cleaning methods for aluminum-magnesium samples, mainly splats with voids and scattered splats are formed on the substrate surface. Experimental studies have shown that on the surfaces of aluminum-magnesium samples cleaned by mechanical-cathodic methods, mainly round concave splats are formed (Fig. 1, b). There are also fewer splats with voids and a small proportion of fragmented, scattered and roundly convex splats.

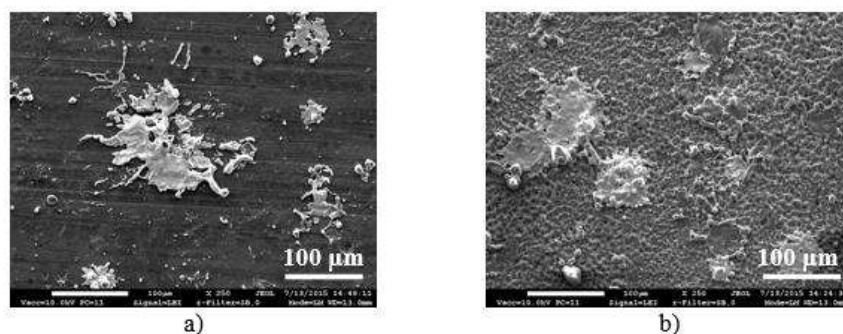


Fig.1. Formation of nickel-aluminium coating splats on aluminium-magnesium alloy surface cleaned by a) acetone and b) upon applying mechanical-cathodical method, when the temperature of the substrate is 20 °C

In all cases of unheated aluminum-magnesium substrate cleaning methods (except for degreasing with acetone), a large amount of voids is formed on the surface of the samples, however, in the case of mechanical-cathodic substrate cleaning methods, their amount decreases, and the number of round-concave splats increases the most. When the surfaces of the Al-Mg sample were degreased with acetone, only fragmentary splats formed on them. The shape and degree of dispersion of the coating splats depend not only on the substrate preparation

method, but also on the substrate temperature. After heat treatment of the aluminum-magnesium alloy surface, the process of decomposition of hydroxides and surface dehydration occurs. Splat spraying tests on aluminum-magnesium substrates cleaned in different ways and heated to a temperature of 350 °C showed an increase in the amount of splats of better shape (splayed, round convex and concave) on the surface compared to tests on unheated substrates. Meanwhile, the amount of fragmented splats and splats with voids has decreased significantly. When the aluminum-magnesium substrate is degreased with acetone, the amounts of fragmented, circularly convex, and circularly concave splats on the aluminum-magnesium alloys are very similar. However, with mechanical-cathodic substrate cleaning methods for aluminum-magnesium substrates, mainly round concave splats are formed on the surface (Fig. 2, b), while with mechanical and mechanical-chemical aluminum-magnesium substrate cleaning methods, mainly scattered splats are formed on the surface.

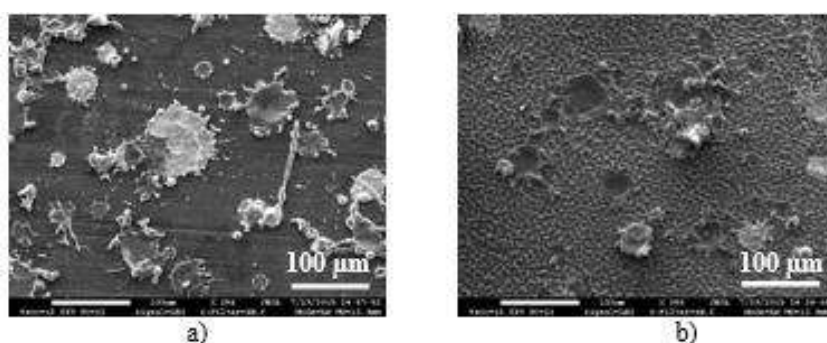


Fig. 2. Formation of nickel-aluminium coating splats on aluminium-magnesium alloy surface cleaned by a) acetone and b) upon applying mechanical-cathodic method, when the temperature of the substrate is 350 °C

The results of the analysis showed that heating the substrate in the range of hydroxide decomposition temperatures (~350 °C) during spraying ensures better splat distribution on the substrate surface and its round shape. This allows to effectively reduce the amount of fragmented splats and splats with voids.

Summarizing the research results, it can be noted that various methods of surface cleaning of aluminum-magnesium alloys determine different shapes and arrangements of plasma-sprayed primary splats. This determines different adhesion of the coating to the substrate.

List of sources used:

1. Tran, A. T. T., Hyland, M. M., Shinoda, K., Sampath, S. 2011. Influence of substrate surface conditions on the deposition and spreading of molten droplets, *Thin Solid Films* 519: 2445–2456.
2. Joshi, S., Fahrenholtz, W. G., O'Keefe, M. J. 2011. Effect of alkaline cleaning and activation on aluminum alloy 7075-T6, *Applied Surface Science* 257: 1859–1863.
3. Brossard, S., Munroe, P. R., Tran, A. T. T., Hyland, M. M. 2010a. Study of the splat formation for plasma sprayed NiCr on aluminum substrate as a function of substrate condition, *Surface & Coatings Technology* 204: 2647–2656.

УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ӨНДЕУДІҢ БАЛҚЫТЫЛҒАН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Балқымаларды ультрадыбыстық өңдеу, газсыздандыру және сүзгілеуді жақсарту сияқты әртүрлі оң әсерлерді көрсетеді, бұл кристалдану кезінде біртекті металл құрылымын қалыптастыруға оң әсер етеді. Ультрадыбысты қолдану модификациялау процесінде металға әртүрлі композициялық элементтер мен отқа төзімді қорытпаларды енгізуге мүмкіндік береді, нәтижесінде кристалдық торға тікелей әсер етеді.

Ультрадыбыстық балқымаларды өңдеу балқыма сапасын жақсартудың перспективалы бағыты ретінде академиялық және өндірістік қауымдастықтар тарапынан үлкен қызығушылық тудырады. Бұл мәселенің маңыздылығы заттың сұйық күйі мәселесімен алдын ала анықталған. Сұйықтықты қатты күйге айналдыру кезінде қуатты ультрадыбысты қолдану қатаю микроқұрылымдары мен механикалық қасиеттерін жақсартудың тиімді әдісі болып саналады [1]. Шын мәнінде, қазіргі тәжірибелік және теориялық физиканың барлық арсеналы балқымалардың физика-химиялық әрекетін зерттеумен байланысты. Акустикалық әдістер заттың сұйық күйін зерттеудің тәжірибелік әдістерінің ішіндегі ең перспективалысы болып табылады.

Бірақ бұл қасиеттерді зерттеу саласындағы жүргізіліп жатқан зерттеулер сұйық жартылай металдар мен жартылай өткізгіштердің құрылымы мәселесін шешу үшін жеткіліксіз. Осы аспектіде «қазіргі заманғы акустикалық зерттеу әдістері балқымалар мен жартылай өткізгіштердің құрылымы туралы ақпарат алудың қуатты құралы болып табылатыны» белгілі [3]. Балқымалар мен жартылай өткізгіштер де кеңінен зерттелмеген, өйткені жартылай металдар мен жартылай өткізгіштердің агрессивті балқымаларымен жоғары температурадағы акустикалық тәжірибелер технологиясы зерттеу процесін қиындатты [1–4]. Біздің зерттеулеріміз мыналарды қамтиды: сұйық жартылай металдар мен жартылай өткізгіштердің құрылымы моделін әзірлеу; сұйық жартылай металдар мен жартылай өткізгіштерде ультрадыбыстық температураға тәуелділіктердің таралу жылдамдығы мен сіңіру коэффициентін тәжірибелік және теориялық зерттеулер; сұйық металдардың, жартылай металдардың және жартылай өткізгіштердің құрылымдық қасиеттерінің заңдылықтарын қорыту.

Белгілі болғандай, сіңіру коэффициенті Стокс-Кирхгоф формуласымен анықталады жалпы жағдайда

$$\beta = \frac{2\pi^2 f^2}{\rho \omega^2} \frac{3}{4} \eta + \chi \left(\frac{1}{C_v} + \frac{1}{C_p} \right)$$

χ - жылу өткізгіштік коэффициенті, C_v , C_p - тұрақты көлемдегі, қысымдағы жылу сыйымдылығы [6].

Анықтамалық деректерді [3-5] пайдалана отырып, мән бойынша эксперименттік өлшемдерді бақылау 1-суретте көрсетілген.

Байланыс факторларының топ ішілік ұқсастығы тек конденсацияланған денелерде ғана емес, сонымен қатар оны екі атомды молекулаларда да байқалады. Диссоциациялану энергиясының ең жоғары мәні сыртқы қабаттағы бес электрон үшін байқалады, ең қатты байланыстар екі атомды молекулаларда болады [4].

Балқығаннан кейін бірден ультрадыбыстық толқындардың сіңіру коэффициентінің төмендеуі байқалады, ол температураның жоғарылауымен монотонды түрде артады. Бұған сілтілі металдар және одан әрі қатты күйде тығыз оралған барлық басқа қарапайым металдар кіреді. Монотонды түрде жоғарылайтын ультрадыбысты сіңіру политемдері бар екі компонентті сұйық металл ерітінділерін де осы сыныпқа жатқызу керек. Сонымен қатар, ультрадыбыстық толқындардың жұту коэффициенті температураның жоғарылауымен монотонды түрде артады. Бұған сілтілі металдар және одан әрі қатты күйде тығыз оралған барлық басқа қарапайым металдар кіреді. Ультрадыбыстық толқындардың сіңіру политемдері температураға байланысты монотонды түрде өспейтін балқымалар екінші класқа жатады.

Осылайша, серпімді толқын энергиясын сіңіру, сондай-ақ ультрадыбыстық жылдамдығын зерттеу бізге дыбыс жұту коэффициенті политемдерінің мінез-құлқындағы мынадай ерекшеліктерді анықтауға мүмкіндік береді, олар:

1. Балқыманы қыздыру кезінде құрылымдық өзгерістердің жоқтығын немесе болуын жеткілікті сенімділікпен көрсетіңіз.

2. Салыстырмалы талдаулар құрылымдық өзгерістердің бірыңғай механизмі жоқ деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

3. Әртүрлі температура диапазонында бір балқымадағы құрылымдық өзгерістерді әртүрлі механизмдердің жүзеге асыру мүмкіндігін көрсеттік.

Алынған нәтижелер ультрадыбыстық балқымаларды өңдеуді өнеркәсіптік деңгейге дейін кеңейту үшін жаңа мүмкіндіктерді ашатын құнды жаңа түсініктер мен білім береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 R.K.Chinnam, C.Fauteux, J.Neuenschwander, J. Janczak-Rusch, *Evolution of the microstructure of Sn–Ag–Cu solder joints exposed to ultrasonic waves during solidification*. *Acta Materialia*. 59, 1474-1481 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2010.11.011>

2 Hackett L., Miller M., Weatherred S., *Non-reciprocal acoustoelectric microwave amplifiers with net gain and low noise in continuous operation*. *Nat Electron*. 6, 76–85 (2023).

3 D.G. Eskin, I. Tzanakis, F. Wang, G.S.B. Lebon, T. Subroto, K. Pericleous, J. Mi, *Fundamental studies of ultrasonic melt processing*. *Ultrasonics Sonochemistry*. 52, 455-467 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.028>

4 Kazhikenova S.Sh., Shaltakov S.N., Belomestny D., Shaihova G.S. *Finite difference method implementation for Numerical integration hydrodynamic equations melts* (*Eurasian Physical Technical Journal*). Vol. 17, No. 1(33). (2020)

***МАШИНА ЖАСАУДЫҢ ДАМУ
БОЛАШАҒЫ***

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОРШНЯ-БОЙКА ГИДРОУДАРНОГО МЕХАНИЗМА С СОВМЕЩЕННЫМ ОРГАНОМ УПРАВЛЕНИЯ

Гидравлические ударные механизмы (ГУМ) широко используются в качестве навесного оборудования в горнодобывающей отрасли для бурения шпуров и скважин, разрушения горных пород и др. Особенностью ГУМ являются компактность, большая создаваемая мощность при малых габаритах и затрачиваемой энергии [1, 2]. В процессе эксплуатации ГУМ в каждом функциональном узле происходят сложные динамические процессы, согласованные с главной функцией – периодическим нанесением поршнем-бойком ударных импульсов по инструменту и передачи энергии с целью эффективного разрушения негабарита [3]. В связи с чем, при проектировании конструкции ГУМ одной из задач является определение рациональных конструктивных параметров поршня-бойка, который претерпевает высокие ударные нагрузки в процессе эксплуатации.

К основным конструктивным параметрам поршня-бойка ГУМ относятся: диаметры передней d_1 , средней d_n , задней d_2 ступеней, длины ступеней l_1 , l_n , l_2 , рабочий ход S (рисунок 1).

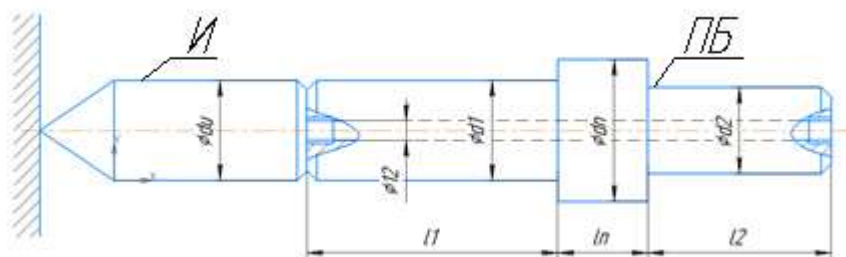


Рисунок 1 – К определению конструктивных параметров поршня-бойка

Для достижения наибольшей эффективности удара и передачи энергии согласно [4], рекомендуется принимать, что диаметр инструмента d_n равен диаметру первой ступени d_1 ; рабочий ход и длина средней ступени согласно [5] $S = 1.52 T$ и $l_n = 2S$ соответственно, длины передней и задней ступеней равны. Методика расчета параметров заключается в определении следующих параметров:

- эффективная ударная масса:

$$m = \frac{2A_{уд}}{v_{уд}^2} \quad (1)$$

где $v_{уд}$ – предударная скорость бойка, м/с. Исходя из упругих свойств инструмента и поршня-бойка $[v_{уд}] = 8$ м/с.

- частота ударов, выраженная временем T , за которое совершается один ударный цикл:

$$f = \frac{1}{T}, c^{-1}. \quad (2)$$

- диаметр инструмента, обоснованный технологическим назначением ударного механизма и необходимой величиной энергии удара $d_{и} = f(A_{уд})$ (3).

- диаметры средней и задней ступеней поршня-бойка:

$$d_{п} = \sqrt{0,628 \frac{A}{p_{н} * T} + d_{и}^2}, \quad (4) \quad d_2 = \sqrt{d_{и}^2 - 1,47 \frac{A}{p_{н} * T}}, \quad (5)$$

- длина передней и задней ступеней:

$$l_{ст} = \frac{A - 96T\rho(1 - \omega_0)}{32\rho(\omega_1 + \omega_2 - 2\omega_0)}, \quad (6)$$

где ω_1, ω_2 – площади сечений передней и задней ступеней;

ω_0 – площадь технологического отверстия для центрирования бойка;

ρ - плотность материала.

- ударная масса поршня-бойка:

$$m = W_{пб} * \gamma, \text{ кг} \quad (6)$$

где $W_б$ – конструктивный объем поршня-бойка.

На основании представленной методики разработана программа расчета конструктивных параметров поршня-бойка ГУМ с совмещенным органом управления в Excel, блок-схема которой представлена на рисунке 2.

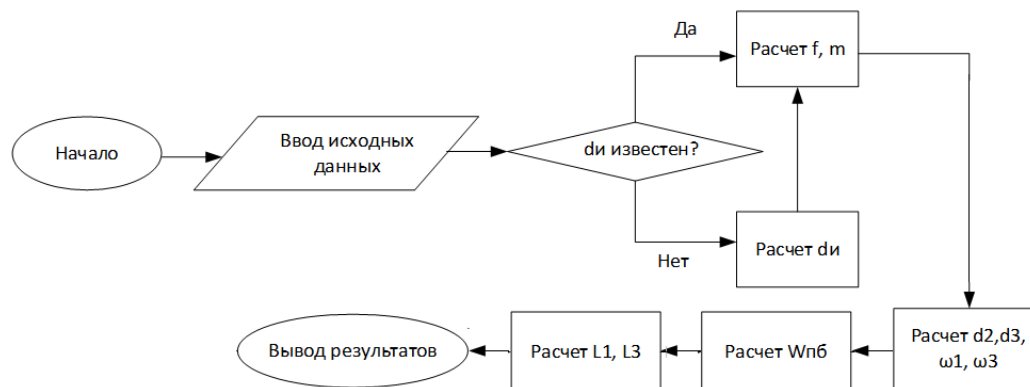


Рисунок 2 – Алгоритм расчета параметров бойка

В качестве примера на рисунках 3 - 5 представлены графические результаты расчета параметров, анализ которых позволяет отметить следующее:

- с увеличением предударной скорости в диапазоне от 5 до 8 м/с масса поршня-бойка уменьшается с 32 до 12 кг;

- повышение давления в системе с 5 до 10 МПа приводит к резкому падению длины ступени с 800 до 550 мм; дальнейшее увеличение давления практически не оказывает влияния на определяемый параметр.

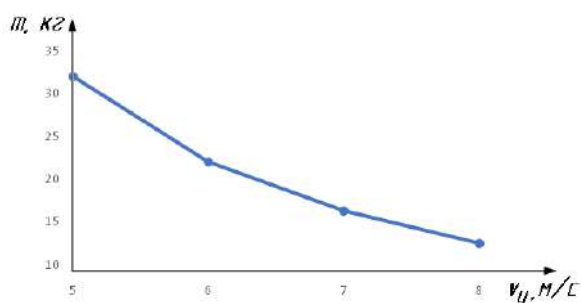


Рисунок 3 – Зависимость массы поршня-бойка m в зависимости от предударной скорости v_y

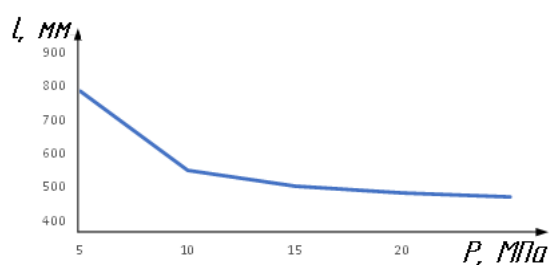


Рисунок 4 – Зависимость длины передней (задней) ступени поршня-бойка от давления рабочей жидкости P

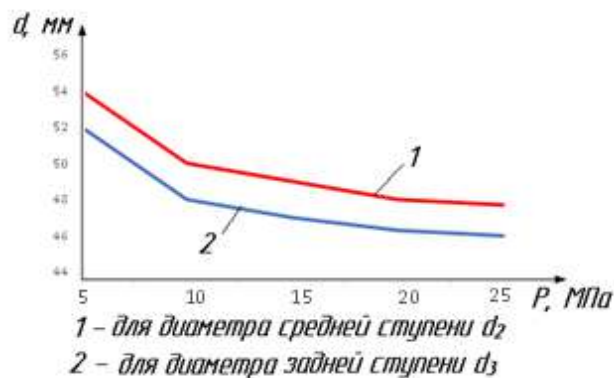


Рисунок 5 – Зависимость диаметров средней и задней ступеней поршня-бойка от давления рабочей жидкости

Таким образом, представленная программа позволяет определить оптимальные конструктивные параметры поршня-бойка при проектировании ГУМ.

Список литературы

1. Митусов А.А. Двухтактные гидродвигатели ударного действия: Основы теории и расчет. Монография. - Россия, Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. университета, 2013. – 392 с.
2. Методика оптимального проектирования конструктивных параметров гидравлических ударных механизмов: Монография / Кызыров К.Б., Митусов А.А., Решетникова О.С. Караганда: Изд-во КарГТУ. – 2019. – 123 с.
3. Кызыров К.Б., Митусов А.А., Решетникова О.С. Малыбаев Н.С., Телиман И.В. Исследование напряженно-деформированного состояния поршня-бойка гидромолота при соударении с инструментом. - Труды университета, 2022. - №4. – С. 20-26.
4. Vityukov M.M., Yungmeister D.A., Pivnev V.A., Ignat'ev S.A., Tetervak A.V. Theoretical calculations of the parameters of the impact systems «piston-strike-rod». Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', 2010, no.7, pp. 329-330. [In Russ]
5. Матвеева С.А., Жуков И.А., Азимов А.М. Определение приведенной формы ударников гидравлических импульсных систем / Материалы международной научно-практической конференции МиМНП-2022-V. Санкт-Петербург, 2022. – С. 41-44.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БРИКЕТОВ ИЗ ПЫЛЕВИДНОЙ СТРУЖКИ СТАЛИ ШХ15

Конкуренция в отрасли, ужесточение экологических требований, а также усложнение процессов добычи и подготовки сырья предъявляют всё более высокие требования к металлургии. В этих условиях совершенствование существующих и разработка новых технологий становятся необходимыми для устойчивого развития отрасли. Интенсивные технологии и современные процессы требуют не только более качественного сырья, но и новых его видов. С учетом дефицита малосернистых коксующихся углей и интенсификации производства возрастает значение комплексных рудно-топливных материалов, а процессы предварительного частичного восстановления сырья находят всё более широкое применение.

Традиционные методы окучкования — агломерация и окатывание — во многом исчерпали свой потенциал. Так, на текущем техническом уровне затруднительно получить металлизированный агломерат или окатыши с высоким содержанием свободного углерода. Однако подобные материалы возможно получить методом брикетирования.

С целью получения брикетов из металлической стружки с оптимальной прочностью были проведены эксперименты по смешиванию и дозированию компонентов, определению оптимального времени перемешивания в зависимости от фракционного состава стружки, а также определению прочности на сжатие и выбору оптимального режима прессования.

В работе рассматриваются результаты исследования структуры брикетов, изготовленных из стальной стружки марки ШХ15, а также отливок, полученных с использованием этих брикетов в качестве шихтового материала. С учётом необходимости повышения эффективности металлургических процессов и снижения их экологической нагрузки, технология брикетирования металлических отходов приобретает всё большую актуальность.

Работа охватывает анализ технологических параметров брикетирования, включая оценку прочностных характеристик и структурной однородности готовых изделий. Эксперименты были проведены в лабораторных условиях Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, где детально изучались состав брикетов, пропорции компонентов и параметры прессования.

Результаты экспериментов показали, что полученные брикеты обладают высокой прочностью и могут эффективно конкурировать с традиционными видами сырья. Это открывает возможности для расширения применения производственных отходов в металлургии. Особое внимание в работе уделено экологическим аспектам переработки металлической стружки, что способствует формированию более устойчивого подхода к управлению отходами.

В результате исследования структуры брикетов из стружки стали ШХ15 и отливок, полученных с применением этих брикетов в качестве шихты, были получены важные данные, подтверждающие эффективность и практическую значимость технологии брикетирования в металлургии.

Во-первых, проведённый анализ показал высокую прочность брикетов на сжатие и хорошую структурную однородность, что свидетельствует о корректном подборе состава, а также оптимальных параметрах прессования и сушки. Эти характеристики являются ключевыми для обеспечения качества готовой продукции и соответствия современным требованиям отрасли.

Во-вторых, сравнительная оценка брикетов и традиционного сырья продемонстрировала их конкурентные преимущества, включая возможность частичного решения проблемы дефицита малосернистых коксующихся углей. Применение брикетов из металлической стружки позволяет повысить эффективность подготовки шихты и снизить объемы отходов.

В-третьих, исследование акцентирует внимание на экологических преимуществах повторного использования металлической стружки. Это способствует снижению негативного воздействия металлургических производств на окружающую среду и поддержанию принципов устойчивого развития.

Таким образом, полученные результаты подтверждают актуальность и перспективность технологии брикетирования как эффективного решения для повышения производственной эффективности и экологичности металлургии. Дальнейшие исследования в этом направлении необходимы для оптимизации технологических режимов и расширения применения брикетов в промышленной практике.

Список использованных источников

1. Пузанов В.П. Структурообразования из мелких материалов с участием жидких фаз / В. П. Пузанов, В. А. Кобелев. – Екатеринбург: Уро РАН, 2001. – 634 с.

2. Носков В. А. Экспериментальные исследования основных параметров и режимов брикетирования мелкофракционных технологических отходов в валковых прессах/ Металлургическая и горнорудная промышленность -1999. -с.19-96.

ОБЗОР МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОФИЛЯ НАПЛАВЛЕННЫХ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРЕН

Крупномодульные зубчатые передачи находят широкое применение в машиностроении, в первую очередь в тяжёлом оборудовании: металлургических станах, горнодобывающих машинах, редукторах подъёмных механизмов, судовых приводах [2]. Высокие нагрузки, вибрации и воздействие абразивных частиц приводят к интенсивному износу рабочих поверхностей зубьев, особенно при длительной эксплуатации в тяжёлых условиях. В целях восстановления работоспособности шестерён с модулем более 10 мм применяются технологии наплавки твёрдых и износостойких материалов [3].

После наплавки возникает необходимость в контроле геометрии профиля зуба, так как даже незначительные отклонения от проектной формы могут привести к ухудшению условий зацепления, увеличению шумов, вибраций, локальным перегрузкам и, как следствие, ускоренному выходу из строя механизма [4]. Особое внимание уделяется контролю эвольвентного профиля, точности высоты зуба, межосевому шагу и качеству поверхностей [1].

В традиционной практике восстановительного ремонта зачастую использовались контактные методы контроля, включая применение шаблонов, штангенциркулей, зубомерных калибров и микрометрических скоб [2]. Однако данные методы обладают низкой воспроизводимостью, субъективны и недостаточно точны для крупногабаритных деталей. Особенно это актуально при контроле после наплавки, когда возможны как деформации, так и неоднородность металла [3].

Координатно-измерительные машины (КИМ), применяемые в ряде производств, обеспечивают высокую точность за счёт пошагового съёма координат с поверхности зуба с помощью тактильного щупа [5]. При этом данные автоматически обрабатываются в системе координат и сравниваются с проектной моделью [4]. Ограничением для применения КИМ служат габариты детали и необходимость демонтажа изделия с технологической линии.

В последние годы в промышленности стали активно внедряться оптико-электронные методы контроля. Наибольшее распространение получили лазерные 3D-сканеры и системы структурированного света. Их принцип основан на построении трёхмерной модели поверхности на основе отражённого лазерного или инфракрасного сигнала, который фиксируется чувствительными датчиками. Эти методы обеспечивают точность измерений на уровне $\pm 10\text{--}30$ мкм и позволяют получить цифровой двойник зубчатого колеса, пригодный для дальнейшего анализа [5].

Применение технологий 3D-сканирования даёт возможность проводить контроль без физического контакта, в том числе в условиях ограниченного доступа, а также на сборочных узлах без их демонтажа [5]. Это особенно важно при ремонте тяжёлых редукторов и приводных установок на промышленных объектах, где демонтаж может занимать несколько суток [3]. Полученная модель сравнивается с эталонной CAD-моделью, на основании чего формируется карта отклонений [5]. Зоны, выходящие за допустимые пределы, подлежат доработке или повторной обработке [3].

Ещё одним направлением является фотограмметрия — метод измерений на основе анализа изображений, полученных с нескольких углов. Такие системы, как правило, менее точны, чем лазерные сканеры, но могут быть мобильными, недорогими и пригодными для полевых условий. Современные программные комплексы автоматически формируют трёхмерную реконструкцию поверхности и сопоставляют её с исходной геометрией [5].

Для крупномодульных зубьев особое значение имеет контроль профиля эвольвенты [1]. При наплавке возможно неравномерное наращивание металла по длине рабочей поверхности, что приводит к искажению линии зацепления [3]. С помощью бесконтактных методов можно точно определить участки локальных выпуклостей или впадин, что невозможно сделать вручную. Некоторые программные пакеты позволяют проводить автоматическую генерацию отчётов, выявляя отклонения по конкретным участкам зуба.

Важным направлением развития является внедрение цифрового контроля как части концепции «цифрового двойника» изделия. При этом данные о геометрии, состоянии поверхности и размерах зубьев хранятся в цифровом виде и могут быть использованы как для обратной инженерии, так и для анализа износа в динамике. Совмещение технологий 3D-сканирования с системами числового программного управления (ЧПУ) позволяет реализовать замкнутые циклы «контроль–коррекция», где данные измерений автоматически используются для корректировки режима фрезеровки или шлифовки [5].

Таким образом, современные методы контроля наплавленных зубьев шестерён обеспечивают необходимый уровень точности, снижают трудоёмкость операций, повышают надёжность зубчатых передач и соответствуют требованиям современной цифровой промышленности.

Процесс наплавки на зубья шестерён сопровождается рядом технологических вызовов, которые напрямую влияют на точность восстановления профиля. Одной из ключевых проблем является температурная деформация основного металла и наплавленного слоя. Из-за неоднородного тепловложения возможно образование остаточных напряжений, коробление зубьев и изменение формы эвольвенты [3]. Контроль формы в таких условиях требует повышенного внимания к

термостабильности измерительной аппаратуры и подготовке поверхности [5].

Один из критических аспектов — выбор момента для проведения контроля. Практика показывает, что измерения, выполненные непосредственно после наплавки и до окончательной механической обработки, позволяют своевременно обнаружить грубые дефекты и снизить потери времени на дальнейшие технологические этапы [3]. Однако финальный контроль профиля следует осуществлять после финишной обработки, так как именно в этот момент достигается требуемая точность зацепления [4].

Для повышения достоверности результатов важно обеспечить правильные условия измерения: стабильную температуру в помещении, отсутствие вибраций, надёжную фиксацию детали. При работе с крупными шестернями часто используют мобильные измерительные станции, монтируемые непосредственно на месте эксплуатации, например в цехах тяжёлого машиностроения, на карьерах или судоремонтных заводах.

В перспективе данные, полученные в процессе контроля профиля, могут передаваться в системы предиктивной аналитики. Например, выявленные тенденции в деформации зубьев могут указывать на необходимость корректировки технологии наплавки, изменения режимов охлаждения, выбора новых наплавочных материалов или даже пересмотра конструкции зацепления.

Современные технологии контроля профиля наплавленных зубьев шестерён предоставляют машиностроительной отрасли широкие возможности по обеспечению качества и надёжности восстановленных изделий. Бесконтактные методы, в сочетании с цифровыми системами анализа, не только обеспечивают точные измерения, но и становятся частью интеллектуальных производственных комплексов. Развитие этих технологий способствует повышению культуры ремонта, снижению эксплуатационных затрат и увеличению срока службы механического оборудования [5].

Список использованных источников

1. ГОСТ 1643-81. Колеса зубчатые цилиндрические. Термины и определения.
2. Машиностроительный справочник / Под ред. В.Н. Шепелева. — М.: Машиностроение, 2005.
3. Бондаренко, В.Е. Восстановление зубчатых колес наплавкой. — М.: Машиностроение, 2013.
4. ISO 1328-1:2013. Cylindrical gears — ISO system of accuracy.
5. Савельев, А.И., Писаревский, М.Л. Методы контроля геометрических параметров зубчатых колес. — М.: Наука, 2016.

УДК 622.06: 004 Буялич Г.Д. (Кемерово , КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева)
Жетесова Г.С. (Караганда, КарТУ имени Абылкаса Сагинова)
Бейсембаев К.М. (Караганда, КарТУ имени Абылкаса Сагинова)

К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ И МОДЕЛЕЙ БЕЗМОНТАЖНОЙ ВЫЕМКИ СЛОЖНОЗАЛЕГАЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Основы такой технологи были заложены Бурчаковым А.С. и применялись для выемки угля, руды и калийных солей. Системы разворота лав для перехода на новый добычной участок применялись в Кузбассе. Технологии Короткозабойной, а затем и камерной выемки, приспособленной к схемам роботизированной выемки широко исследовались в институте *Угля сибирского отделения РАН, а также в КарТУ и ИПКОН НАН РК, в германской фирме Марсо [1, 2, 3] с которой КарТУ заключен меморандум о совместной работе.*

В практике разработки угля наступил момент исчерпания месторождений, залегающих в идеальных условиях к которым относим и крутонаклонные пласты. Их суммарные запасы - огромны и сравнимы, в частности, для угля с уже добытыми за годы существования карагандинского бассейна, что подчеркивает, необходимость скорейшего внедрения таких технологий. При этом ставится вопрос и о создании средств роботизации добычи твердых минералов включая полиметаллы и калийные соли, которые могли бы выполнять свои функции в условиях нарушенности кровли и почвы пластов. Решается вопрос о исключении газодинамических явлений и попадания вредных газов в атмосферу.

Анализ и проведенные многолетние исследования КузГТУ, КарТУ, ИПКОН показывают, что короткозабойная, камерная выемка позволяет решить эти задачи, а также создать технику пригодную в близком будущем (по весу оборудования и степени автоматзации) для отработке особо ценных минералов на планетах земной группы. Инновационной характер работ, подтвержденный евразийскими патентами, статьями в рейтинговых журналах, тем не менее, сочетает новую *разработку с уже с испытанными передовыми элементами конструкций, технологий и робототехники, в кемеровском и карагандинском бассейне, что позволяет ставить вопрос о близости полномасштабных промышленных испытаний и внедрении технологии.*

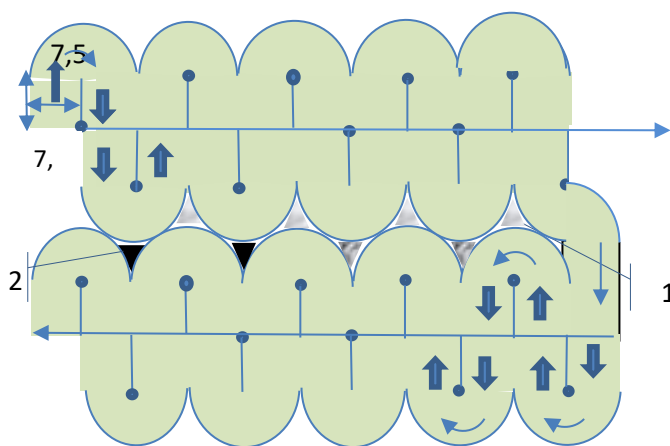
Решаются три крупные научно-технические задачи:

- Разработка универсальных секций роботизированной крепи с возможностями маневрирования и разворотов при заходе с отработанного участка или на новый и для обхода нарушенных участков, которые невозможно отработать традиционными средствами;

- Система расчета проявления горного давления с мониторингом забоя в режиме обратной связи (дистанционный режим реального времени);

- Скважинное управления из камер состоянием пласта и пород вблизи забоя, вентиляция выработок и управление потоками метана и других сопутствующих газов с целями КИМС

В процессе исследования и проектирования следует выполнить и сопутствующие решения в которых вскоре будет остро нуждаться бассейн (улучшение режимов работы элементов гидрооборудования, разработка автоматизированных электрогидрораспределителей, манипуляторов, поворотных конвейеров ленточного и скребкового типа, методики расчета горного давления и состояния пород и угля и других минералов, методика расчета эффективности отработки сложно залегающих участков), рисунки 1 и 2



1 – погашенные целики угля 2 – целику у работающего забоя
Рисунок 1 – маневрирование камерами – заходками

Важным моментом, наряду с передвижкой от укороченного двухпозиционного забойного конвейера является обеспечение автономного движения секций без распора в кровлю и управления боковой устойчивостью при углах падения до 37° , которое основано на новой кинематической схеме движения узлов робота и программном обеспечении, приспособленном для взаимодействия с ИИ.

Особым моментом созданных вычислительных моделей (виртуальных двойников машин) является их приближение к условиям реального производства. Утверждается, что выполнение моделей в 3d и с привлечением в сетевом режиме экспертов - практиков для анализа их функционирования, должны обязательно включать и имитацию аварийных ситуаций, с достижением соответствия теоретических выкладок реальностям производства, со сравнением параметров движения (скорости, ускорения, усилия реакций в сочленения машин), что позволяет разработать мероприятия для их преодоления, причем в разработке и испытаниях машин следует привлекать специалистов смежных дисциплин: горных машин, машиностроения и разработки месторождений полезных ископаемых, с обсуждением проблем в рамках объединенного семинара рабочих групп, рисунок 2, а учитывая, что сегодня практически горные машины в

Караганде – роботы, должен ставиться вопрос о совершенствовании паспорта специальности ТМО (горные машины).

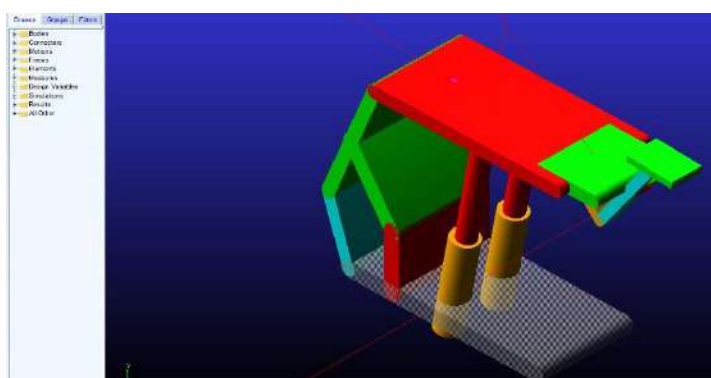
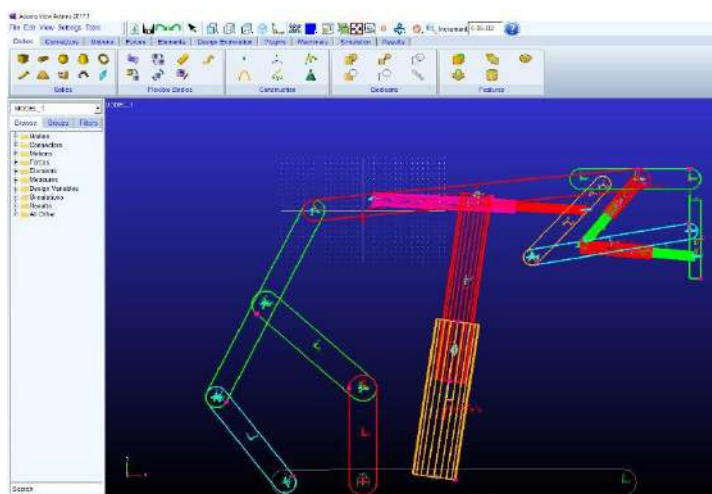


Рисунок 2. – Создание цифровых двойников и проверка их соответствия на реальных образцах ОКП 70 в машинном зале КарТУ

Литература

1. Акижанова Ж.Т., Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М, Буялич Г.Д., Нокина Ж.Н. К методике расчета горного давления у короткого забоя // Уголь. – 2023. № 7.- С. 50-55.
2. Meshkov A.A., Kazanin O.I., Sidorenko A.A. Improving the efficiency of the technology and organization of the longwall face move during the intensive flat-lying coal seams mining at the kuzbass mines. Journal of Mining Institute. – 2021. No 5. P. 342-350.
3. Исабек Т.К., Камаров Р.К., Мухамеджанов С.Д. К проблеме отработки локальных участков угольных пластов карагандинском угольном бассейне. Вестник национальной академии горных наук, научно-практический специализированный журнал.- 2018. № 2(3) . С. 14 –

УДК 621.926 Гурьянов Г.А. (Усть-Каменогорск, ТОО «НПО Иннотех»)
Ким В.А. (Усть-Каменогорск, ТОО «НПО Иннотех»)
Ликунов А.В. (Усть-Каменогорск, ТОО «НПО Иннотех»)
Васильева О.Ю. (Усть-Каменогорск, ВКТУ)

ВАЛКОВЫЕ ДРОБИЛКИ С ПОЛИЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ВАЛКАМИ В СТАДИЙНОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ

Широко применяющееся в самых разных отраслях промышленности современное дробильное оборудование не вполне справляется с решением задачи увеличения степени измельчения для получения все более мелкого готового продукта при сохранении или увеличении производительности и снижении удельных энергозатрат на процесс [1, 2]. Для получения мелкоизмельченного продукта с высокой производительностью применяют стадийное дробление [1, 3], уменьшающее время дробления и повышающее производительность [4]. Однако, при стадийном дроблении, как правило, применяют несколько дробильных машин, ограничивая, для снижения удельных энергозатрат на процесс, число стадий дробления, что входит в противоречие с задачей получения высокой степени измельчения.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №АР23488405 «Разработка инновационного оборудования для измельчения материалов с повышенной эффективностью»).

Задачу увеличения степени измельчения при высокой интенсивности и производительности процесса и сниженных удельных энергозатратах можно решить организацией стадийного дробления в одной дробилке, имеющей несколько ступеней измельчения. Основой дробилки стадийного дробления может быть валковая дробилка, отличающаяся непрерывностью процесса дробления, сравнительно небольшой массой, простотой конструкции, надежностью, низким удельным расходом энергии [1, 2]. Известны типовые двухступенчатые валковые дробилки [1]: трехвалковая дробилка фирмы «Pioneer», четырехвалковая дробилка «4-Moust» фирмы «Universal» и др.

Однако для получения более эффективной дробилки стадийного дробления необходимо устранить недостатки базовой валковой дробилки, а именно, улучшить захват материала валками, уменьшить соотношение между размерами вала и куса исходного материала, уменьшить диаметр валков и размеры дробилки, повысить степень измельчения, поэтому базовая валковая дробилка не может иметь типовую конструкцию.

Исходя из этого, в валковой дробилке применены рабочие органы нетрадиционной формы - полицилиндрические валки (ПЦВ) [4], образованные несколькими цилиндрами одинакового радиуса (рисунок 1).

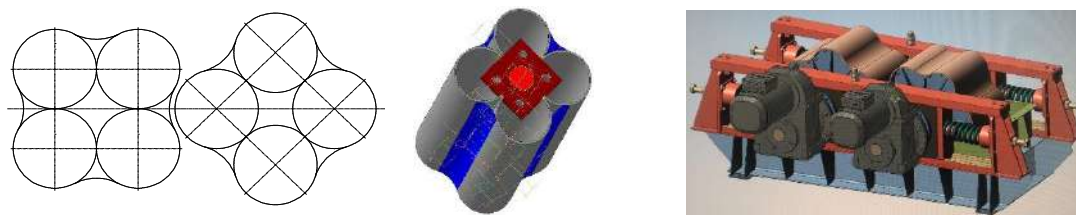


Рисунок 1 - Полицилиндрические валки, образованные четырьмя цилиндрами, и валковая дробилка с ПЦВ

Для проверки предложенного решения по новой форме валков дробилки (ПЦВ) было проведено компьютерное моделирование захвата куска материала полицилиндрическими валками с диаметром валка $D=800$ мм, образованными количеством цилиндров от 4 до 9 [5]. Результаты компьютерного моделирования были проверены экспериментально на опытном образце дробилки с ПЦВ с диаметром валка $D=215$ мм, образованными четырьмя цилиндрами (рисунок 1) [4]. Результаты компьютерного моделирования и экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты компьютерного моделирования ПЦВ и экспериментальных исследований опытного образца дробилки

Параметры дробилок	Количество образующих валок цилиндров						Типовая валковая дробилка	Соотношения параметров дробилки с ПЦВ (6 цилиндров) и типовой дробилки	Комп. модель опытного образца дроб. с ПЦВ	Эксп. на опытном образце дроб. с ПЦВ
	4	5	6	7	8	9				
Диаметр описанной окружности валка, D , мм	800	800	800	800	800	800	800	$800/800=1$	215	215
Расстояние между осями валков, A , мм	720	728	742	754	760	764	816	$742/816=0,9$	194	190
Макс диаметр исходного куска материала, d , мм	159	141	140	143	136	133	40	$140/40=3,5$	46	60
Мин размер выходной щели, e , мм	34	16	15	14	12	9	16	$15/16=0,94$	9,5	10
Отношение размеров валка и исходного куска D/d	5	5,7	5,7	5,6	5,9	6,0	20	$5,7/20=0,285$	4,7	3,6
Степень измельчения, $i=d/e$	4,7	8,8	9,3	10,2	11,3	14,8	2,5	$9,3/2,5=3,7$	4,8	6

Из результатов таблицы 1 видно, что валковая дробилка с ПЦВ более эффективна и имеет существенно лучшие характеристики в сравнении с типовой валковой дробилкой, например, имеет в 3...6 раз большую степень измельчения и в 3...4 раза меньшее отношение диаметра валков к размеру захватываемого куска.

Принимая во внимание полученные положительные результаты разработки и исследования валковых дробилок с ПЦВ, их высокую степень измельчения и меньшее отношение размеров валка и исходного куска, можно предложить использовать эти дробилки как основу для получения новых многоступенчатых дробилок стадийного дробления (рисунок 2).

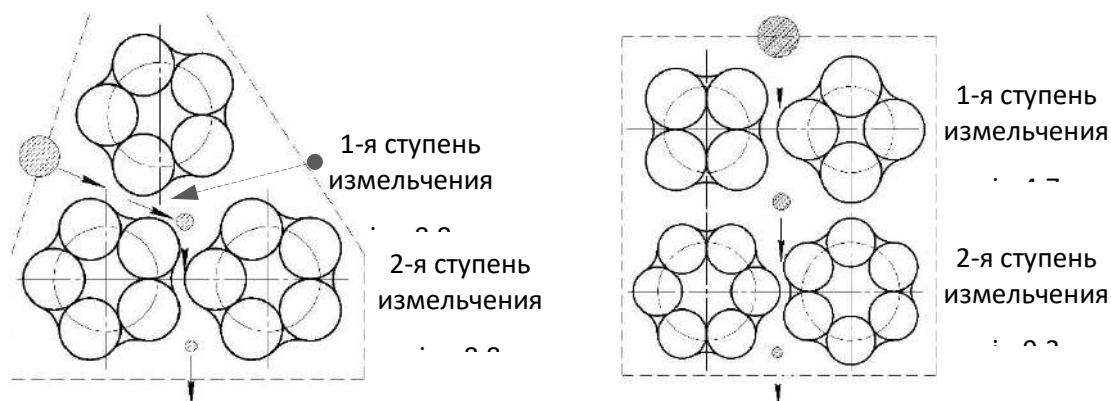


Рисунок 2 - Трех- и четырехвалковая двухступенчатые дробилки с ПЦВ

Результаты сравнения степени измельчения двухступенчатых дробилок на основе валковых дробилок с ПЦВ со степенью измельчения двухступенчатой дробилки «4-Mouust» приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнение степени измельчения дробилок стадийного дробления с ПЦВ с степенью измельчения типовой дробилки «4-Mouust»

Дробилка стадийного дробления	Общая степень измельчения	Отношение степеней измельчения дробилок с ПЦВ и дробилки «4-Mouust»
Двухступенчатая трехвалковая дробилка с ПЦВ (рисунок 2)	$i_{3-ПЦВ} = i_{5,1} \cdot i_{5,2} = 8,8 \cdot 8,8 = 77,4$	$\frac{i_{3-ПЦВ}}{i_{4-Mouust}} = \frac{77,4}{7} = 11,06$
Двухступенчатая четырехвалковая дробилка с ПЦВ (рисунок 2)	$i_{4-ПЦВ} = i_4 \cdot i_6 = 4,7 \cdot 9,3 = 43,7$	$\frac{i_{4-ПЦВ}}{i_{4-Mouust}} = \frac{43,7}{7} = 6,24$
Типовая двухступенчатая четырехвалковая дробилка «4-Mouust»	$i_{4-Mouust} = 7$	---

Выводы. Валковые дробилки с ПЦВ значительно более эффективны и имеют существенно лучшие характеристики в сравнении с типовыми валковыми дробилками. Разработка и применение дробилок стадийного дробления на основе валковых дробилок с ПЦВ, обеспечивающих весьма высокую степень измельчения, целесообразна и перспективна.

Список использованных источников

1. Клушанцев Б.В. Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Борцев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. - 91 с.
3. Линч А.Дж. Циклы дробления и измельчения. – М.: Недра, 2001. – 343 с.
4. Гурьянов Г.А., Вавилов А.В., Дудкин М.В. Повышение эффективности дробильного оборудования и процессов дробления. Монография. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2018. – 194 с.
5. Гурьянов Г.А., Ким В.А., Васильева О.Ю. Разработка механико-математической модели процесса разрушения твердых частиц и определение геометрических параметров выпукло-вогнутых валков // Вестник КазНУ, 2018 г. №3 (127). 608 с. С. 486-495.

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе рассмотрен процесс численного моделирования высокоскоростного фрезерования труднообрабатываемых материалов с целью оптимизации режимов резания. Моделирование осуществлялось с использованием программного обеспечения Компас-3D и ANSYS Workbench, с применением модели разрушения материала по Джонсону–Куку. Выполнено построение 3D модели системы «инструмент – заготовка» (рисунок 1), произведено задание граничных условий, реализовано контактное взаимодействие с трением и построена конечно-элементная сетка [1,2].

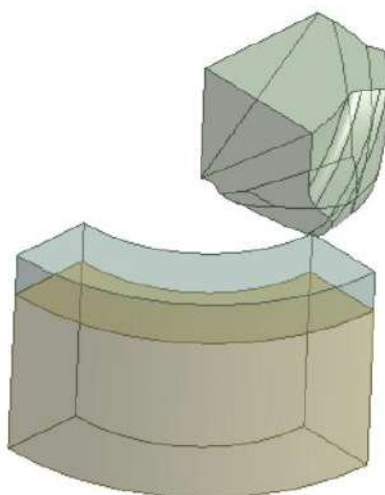


Рисунок 1 – 3D модель концевой фрезы с заготовкой:

В ходе численного анализа получены температурные поля, распределения пластической деформации, контактные усилия, что позволило провести полноценный анализ термомеханических процессов при фрезеровании. Численный эксперимент был спланирован по методу рационального планирования с варьированием глубины резания, подачи и частоты вращения шпинделя. Всего было проведено 25 виртуальных опытов.

Обработка результатов проведена в среде ANETR-5 с получением аппроксимирующей математической модели зависимости температуры от входных параметров (рисунок 2). Среднеквадратичное отклонение модели

составило 28,76 %, коэффициент множественной корреляции — 0,948, что подтверждает её достоверность. В программе Mathcad 15 выполнена минимизация функции, что позволило определить оптимальные параметры фрезерования: глубина резания — 1 мм, подача — 4500 мм/мин, частота вращения — 4162 об/мин [3,4,5].

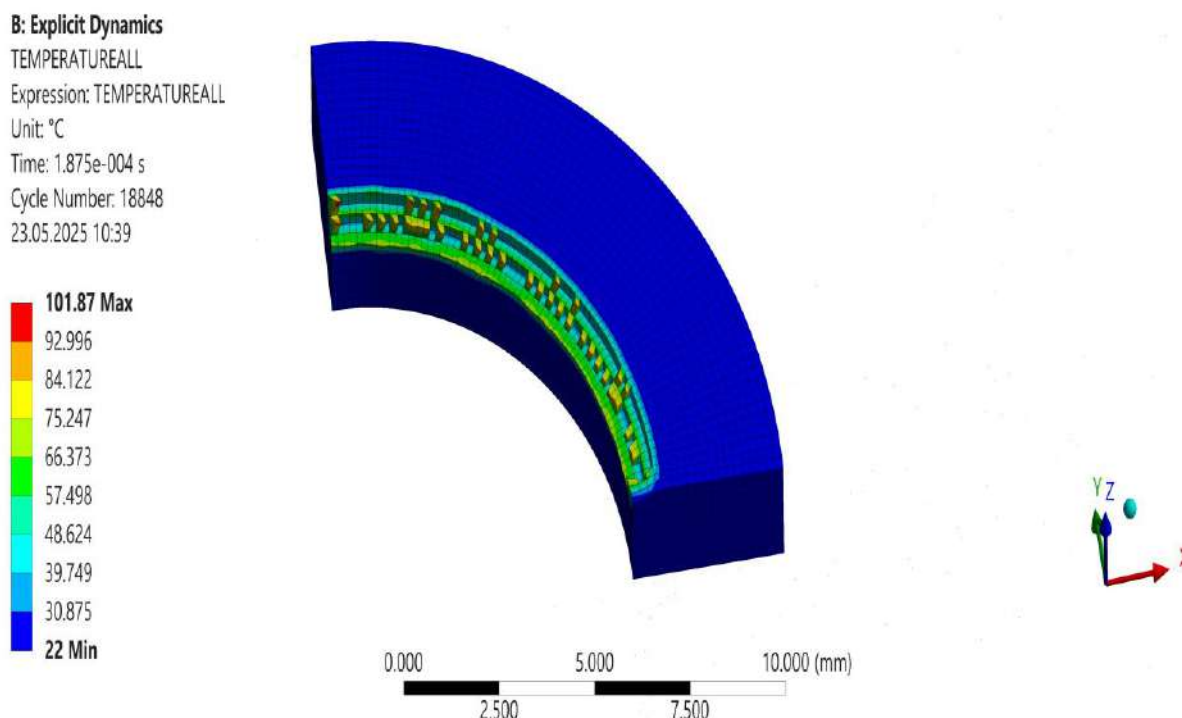


Рисунок 2 - Эквивалентная пластическая деформация

Предложенная методика позволяет эффективно определять рациональные режимы резания для труднообрабатываемых материалов, минимизируя тепловое воздействие и повышая точность обработки, а также снижать затраты на натурные испытания.

Список использованных источников

1. Zhang Y., Mabrouki T., Nelias D., Gong Y. FE-model for Titanium alloy (Ti-6Al-4V) cutting. Springer-Verlag France, 2010.
2. Sherov K. et al. Research of temperature distribution in the process of thermo-frictional cutting of titanium alloy TI-5553. Journal of Applied Engineering Science, 2022.
3. Протодяконов М.М., Тедер В.И. Методика рационального планирования экспериментов. М.: Наука, 1970.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965.
5. Ермаков М.А., Махов А.А. Статистико-детерминированный метод построения многомерных моделей. Караганда: КПТИ, 1988.

COGNITIVE INTEGRATIVE VISION IN MECHANICAL ENGINEERING QUALITY CONTROL

Computer vision, once limited to tasks such as detection and sorting, has recently evolved into intelligent systems capable of interpreting, predicting, and ultimately controlling product quality. In mechanical engineering—where the cost of defective output is especially high—this transformation represents not merely an increase in efficiency but a paradigm shift in how quality is understood and managed. At the heart of this shift lies the concept of *Cognitive Integrative Vision* (CIV), which fuses visual data, process parameters, digital twin models, and multisensor input into a unified cognitive system. CIV not only detects defects, but also understands their root causes, forecasts potential recurrences, and recommends real-time corrective actions. This approach is rooted in a philosophy of causality rather than symptomatology, positioning the defect not as a terminal event, but as the beginning of an explanatory chain.

The scientific novelty of the CIV method lies in the development of an integrative cognitive system capable not only of detecting defects, but also interpreting their root causes, predicting their evolution, suggesting corrective actions, and incorporating aesthetic quality perception. Unlike traditional and hybrid systems, CIV leverages multisensory data (visual, acoustic, thermal), digital twin models, and Bayesian causality to generate explainable, real-time insights. The system features a self-learning architecture that adapts to novel defect types without manual intervention and demonstrates measurable improvements: a 23% increase in defect detection accuracy, a 37% reduction in response time, and up to 41% cost savings compared to conventional computer vision systems.

The difference between CIV and traditional systems can be effectively presented in a comparative format. See table 1.

Table 1

Criterion	Traditional CV Systems	Cognitive Integrative Vision (CIV)
Defect detection	Yes	Yes
Classification of defect types	Partial	Yes, with semantic granularity
Interpretation of defect causes	No	Yes, context-aware
Prediction of future defects	No	Yes, via digital twin modeling
Reaction to detected deviations	Passive (signal only)	Active (corrective suggestions)
Integration with Digital Twin	Absent	Full bidirectional integration
Multisensory data analysis	Visual-only	Yes: acoustic, vibrational, thermal
Explainability/confidence metrics	Absent	Confidence Attribution Index (CAI)

Criterion	Traditional CV Systems	Cognitive Integrative Vision (CIV)
Adaptability to novel defect types	Requires manual reconfiguration	Self-learning architecture
Aesthetic quality perception	No	Yes, through user-trained perception models

This comparison reveals that CIV is not a linear upgrade of traditional systems, but a fundamentally new level of reasoning within the manufacturing environment. A key element of CIV—*cognitive correlation*—enables the interpretation of defects within the context of production conditions. For example, a surface crack may be not just a geometric anomaly, but a manifestation of thermal overload due to coolant degradation. Such causal links are established at the *interpretation layer*, where visual, acoustic, and thermal data converge into a unified cognitive snapshot of the situation [1].

An innovative feature of CIV is its **visual-acoustic synergy**: the system analyzes both the physical appearance of a component and the acoustic profile of the production process. Experience shows that shifts in a machine's sound spectrum often precede visible micro-fractures on cutting tools. By combining audio analytics with video inspection, CIV can hypothesize the onset of anomalies before they become visible. In one real-world deployment—at a high-precision bearing assembly plant—this approach reduced critical failures by 47% through early-stage prevention.

CIV was trained on an industrial dataset of 18,000 annotated images of defective components, synchronized with acoustic and thermal sensor data. Visual analysis was performed using CNNs, acoustic data via spectral analysis, and thermal data through U-Net segmentation. Data integration was achieved using a Bayesian model. Training was conducted in PyTorch on an RTX A6000 GPU.

Results: accuracy — 92.4%, precision — 89.7%, recall — 91.1%, F1-score — 90.4%. After implementation, defect rates decreased by 41%, and the system's average response time was 0.8 seconds.

Another advancement is **temporal defect modeling**. CIV does not perceive components as static artifacts but as evolving entities. This is especially important in layered manufacturing or multi-pass machining, where each stage affects the next. CIV tracks micro-defect evolution over time, identifying trends in shape deformation, deepening, or escalation from micro-level to macro-level deviations. This enables *dynamic inspection* and proactive decision-making before critical thresholds are reached.

CIV also introduces the concept of **psycho-aesthetic defect assessment**, modeling user perceptions. In domains such as aerospace, automotive, and consumer electronics, subjective aesthetic judgments can determine product acceptance. A minor dent may not impair functionality but still result in customer rejection. CIV can be trained on datasets that include user evaluations of visual tolerability, allowing it to generate a *visual irritation index*. This redefines quality not only as a technical criterion but also as a perceptual experience.

Technologically, CIV employs a **multi-agent architecture**: the visual agent assesses geometry, the acoustic agent monitors frequency spectra, the thermal agent interprets infrared data, and the cognitive agent integrates all inputs using Bayesian networks and attention-based mechanisms to construct causal reasoning chains [2]. Each agent maintains memory and assigns weights to its outputs, contributing to a transparent, explainable decision process rather than a "black box."

The future of CIV lies in its expansion into other industries, such as biotechnology and food production, where accuracy and timely quality control are equally critical. A promising direction is the integration with ERP and MES systems, which would enable automated management of production processes and enhance collaboration with other enterprise departments. Additionally, the explainability of decisions will be strengthened through the use of large language models (LLMs), improving the interpretation of results for operators and engineers, and ensuring more transparent and understandable decision-making.

Cognitive Integrative Vision (CIV) represents a fundamental shift in quality control—from surface-level inspection to deep cognitive understanding of production anomalies. By synthesizing visual, acoustic, thermal, and contextual signals, and grounding them in causal inference models, CIV enables a proactive approach to defect management that anticipates issues before they escalate. Its self-learning architecture, multisensory integration, and explainable reasoning mechanisms mark a departure from rigid, narrowly focused systems toward adaptive, intelligent assistance. Beyond its immediate impact in mechanical engineering, CIV holds strong potential for cross-sector adoption, especially in industries where quality is multifactorial and perception-driven. Through integration with enterprise systems (ERP, MES) and enhanced explainability via large language models, CIV is poised to become a central element in the intelligent factory ecosystem [3].

Ultimately, CIV does more than enhance quality control—it reimagines it as a domain of **intelligent cognitive assistance**. This is a shift from defectology to *preventive engineering intuition*; from error confirmation to risk anticipation. CIV becomes a cognitive partner to the engineer, identifying what the human eye might miss and offering insights where before there was only acknowledgment. In its ability to uncover causes, not just symptoms, lies the future of precise, responsible, and intelligent mechanical manufacturing.

References

1. Gavrilov, A. I. *Intelligent Systems of Technical Vision: Theory and Practice* / A. I. Gavrilov. — Moscow: Machine Engineering, 2021. — 352 p.
2. Myzin, D. A., Korneev, S. V. *Methods of Automated Quality Control of Products Using Neural Networks* / D. A. Myzin, S. V. Korneev // *Bulletin of Mechanical Engineering*. — 2023. — No. 5. — pp. 22–29.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. *Deep Learning* / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. — Cambridge: MIT Press, 2016. — 775 p.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВИБРАЦИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВИНТОВЫХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) играют ключевую роль в современном машиностроении, обеспечивая высокую точность и повторяемость обработки деталей. Однако одной из актуальных проблем эксплуатации таких станков являются вибрации, возникающие при движении исполнительных органов. Особенно критично их влияние при восстановлении винтовых поверхностей приводных валов — элементов, отвечающих за прецизионное позиционирование рабочих узлов. Неконтролируемые колебания приводят к ускоренному износу компонентов, снижению качества продукции и увеличению простоев оборудования. В данной статье рассматриваются причины возникновения вибраций, их связь с технологическими процессами восстановления винтовых поверхностей, а также методы минимизации негативных последствий. При восстановлении винтовых поверхностей приводных валов, которые отвечают за прецизионное перемещение исполнительных органов, анализ вибраций приобретает особую значимость. Вибрации, возникающие в процессе нарезания винтовых поверхностей, становятся одной из основных причин снижения качества конечного продукта. Неконтролируемые колебания приводят к следующим дефектам:

Нарушение геометрии - Отклонения шага винта, увеличение шероховатости поверхности ($Ra > 1,6$ мкм) и отклонения профиля от номинальных параметров. Появление волнистости - Вибрации вызывают периодические неровности на поверхности, которые снижают точность сопряжения с гайкой ШВП. Микротрещины и задиры - Локальный перегрев и ударные нагрузки приводят к образованию трещин на поверхностях трения, что ускоряет износ узла. Ускоренный износ инструмента и оборудования - Вибрации увеличивают динамические нагрузки на режущий инструмент (резцы, фрезы) и механизмы станка, что вызывает. Снижение стойкости инструмента - Повышенный износ режущих кромок из-за циклических нагрузок и термических напряжений.

Разрушение подшипников - Вибрации провоцируют усталостное разрушение тел качения и дорожек качения подшипников шарико-винтовых передач.

Риск резонанса и аварийных ситуаций - При совпадении частоты вынужденных колебаний системы с собственной частотой механических компонентов возникает резонанс. Нарушением кинематики движения - Резонанс вызывает непредсказуемое перемещение рабочих органов, что повышает риск брака деталей. Экономические потери - Вибрации при

нарезании винтовых поверхностей влекут за собой значительные финансовые издержки:

Примеры последствий. При восстановлении винта ШВП с отклонением шага 0,03 мм/м вибрации достигли уровня 15 м/с², что привело к выходу из строя подшипниковых узлов через 50 часов работы. Вибрации при нарезании винтовых поверхностей представляют серьезную опасность для точности, надежности и безопасности технологического процесса. Их воздействие проявляется в виде дефектов продукции, ускоренного износа оборудования и экономических потерь. Для минимизации рисков необходимо внедрять строгие технологические стандарты, использовать современное оборудование и проводить регулярную вибрационную диагностику. Особенно это критично в условиях восстановления узлов, где ошибки изготовления усиливают негативные эффекты.

Станки, оснащённые системой ЧПУ (числового программного управления) выполняют обработку деталей автоматически согласно установленной оператором станка программе обработки. Использование программного управления в металлорежущих станках позволяет обеспечить максимальную повторяемость процессов обработки с высоким уровнем точности, что особенно полезно для серийных производств. При перемещении суппортов и рабочих органов станочного оборудования точность траектории обеспечиваются направляющими, а точность позиционирования – шарико-винтовыми приводами (ШВП) [2]. Шарико-винтовые приводы, используемые в современных промышленных станках с ЧПУ, обеспечивают точность позиционирования до 6 мкм. Высокая линейная скорость и частота вращения, воздействие больших сил резания и ударных нагрузок приводят к износу поверхностей и задирам, движению рывками и вибрации, что неминуемо сказывается на качестве обработки.

Анализ данных показывает, что износ винтовых поверхностей является доминирующей причиной выхода из строя станков с ЧПУ в странах СНГ (72,34% в среднем). Это связано с высокими нагрузками на приводные валы, а также с длительной эксплуатацией оборудования, особенно в промышленных секторах с интенсивным использованием металлообработки (машиностроение, энергетика). В России и Казахстане доля износа винтовых поверхностей выше среднего (75,2% и 72,1% соответственно), что объясняется большим парком устаревших станков. В Узбекистане и Беларуси выше процент механических поломок, что может быть связано с недостаточным обслуживанием оборудования.

Проблемы с электроникой и ПО чаще встречаются в странах с менее развитой инфраструктурой технической поддержки (например, Украина, Узбекистан). Износ винтовых поверхностей является доминирующей причиной отказов станков. Альтернативой замене узлов становятся методы восстановления, которые сокращают время простоя на 40–60% при снижении затрат на 30–50% по сравнению с покупкой новых компонентов. Следует особо отметить, что вибрации возникают не только из-за внешних

причин, но и по причине неточности при восстановлении винтов, таких ошибки при наплавке или хромировании (отклонение шага винта более 0,02 мм/м) нарушают кинематику привода, вызывая резонанс [3] или использование неподходящих материалов (например, стали 40ХН вместо легированных марок) снижает износостойкость, ускоряя появление дефектов [3]. Как отмечается [4] восстановленные узлы, имеют сниженные характеристики долговечности, а так же повышенные вибрации в установленных механизмах, что требует разработки методов оценки возникающей вибрации при нарезании винтовых поверхностей, их снижению при восстановлении винтовых поверхностей и комплексному снижению этих причин, для оперативного изготовления или восстановления винтовых поверхностей, так как замена винтов сопряжена с рядом сложностей:

-Высокая стоимость. Импортные аналоги составляют до 40% от цены всего узла станка.

-Длительность процесса. Изготовление винта с точностью 4-го качества требует 5–7 дней, включая термообработку и шлифовку.

-Зависимость от поставщиков. В странах СНГ доля импортных компонентов достигает 70%, что увеличивает риски простоя оборудования [4].

Восстановленные винты демонстрируют сниженный ресурс по сравнению с новыми. Это обусловлено:

-Несоответствием материалов. Использование стали 40ХН вместо оригинальных легированных марок (например, 18ХГТ) снижает износостойкость на 30%.

-Технологическими погрешностями. Отклонения в шаге винта после ремонта (до 0,02 мм/м) приводят к дисбалансу и резонансным явлениям [8].

Анализируя причины возникновения вибрации при восстановлении винтовых поверхностей, можно отметить, что снижение вибрации и соответственно повышения качества нарезаемых поверхностей, позволит существенно снизить затраты на ввод станков в строй.

Список использованных источников

1. Чукарин, А.Н. Теория и методы акустических расчетов и проектирования технологических машин для механической обработки / А. Н. Чукарин // Федер. агентство по образованию, ГОУ ВПО Дон. гос. техн. ун-т. Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2020. 151 с. EDN QNAZWX.
2. Чукарин, А. Н. Влияние процессов резания на шум фрезерных станков / И. А. Балыков, А. Н. Чукарин,
3. Д. З. Евсеев // Новое в безопасности и жизнедеятельности и экологии: Сб. ст. докл. конф. 14-16 окт. Санкт-Петербург, 2019. С. 222-223.
4. Theoretical research studies of regularities formation of acoustic characteristics for threading and spline shaft milling machine / А.Е. Набоков, И.А. Яицков, А.Н. Чукарин // AKUSTIKA, ISSN 1801-9064, Studio D – Akustika s.r.o., České Budějovice, 2021, VOLUME 41. P. 189-194. DOI: 10.36336/akustika 202141189.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Поверхностное упрочнение зубьев обойм с внутренним зацеплением является критически важным аспектом современного машиностроения. Зубчатые передачи с внутренним зацеплением широко применяются в тяжелом оборудовании, транспортных системах и энергетических установках, где требуются высокая нагрузочная способность, точность и долговечность. Однако эксплуатация таких механизмов сопряжена с интенсивным износом, контактными нагрузками и термическими деформациями, что делает упрочнение поверхностей ключевым фактором обеспечения надежности. Современные технологии упрочнения направлены на повышение твердости, износостойкости и сопротивления усталости, минимизируя коробление и снижая материалоемкость. Основная цель термической обработки зубчатых колес с внутренним зацеплением заключается в повышении их работоспособности и ресурса эксплуатации за счет:

1. Увеличения поверхностной твердости зубьев, что снижает вероятность абразивного износа и контактных повреждений.
2. Повышения сопротивления усталости, особенно при циклических нагрузках.
3. Минимизации температурных деформаций, вызванных термическими процессами, для обеспечения точности размеров и формы после обработки.

Основные задачи термического упрочнения:

1. Формирование упрочненного слоя заданной глубины и твердости. Глубина упрочненного слоя зависит от модуля зубчатого колеса. Для колес с модулем 2,5 - 5,0 мм рекомендуемая глубина упрочнения составляет 1,0–1,5 мм [1]. Для крупногабаритных колес с модулем 12–30 мм глубина может достигать 1,8 мм. Твердость поверхности должна находиться в пределах - HRC 45–60;
2. Обеспечение стабильности размеров и минимизация коробления. Коробление зубьев является одной из основных проблем при термической обработке. Например, для колес диаметром до 500 мм деформация может достигать 1,75 мм, что превышает толщину упрочненного слоя (1,2 мм) [2]. Это существенно усложняет финишную обработку;
3. Выбор оптимального метода термической обработки. Метод термической обработки выбирается исходя из габаритов колеса, материала и условий эксплуатации;
4. Обеспечение однородности твердости по всему контуру зубьев. Неоднородная твердость зубьев может вызывать дополнительные

погрешности при нарезании профиля, такие как биение зубчатого венца, отклонения эвольвентного профиля и окружного шага.

5. Снижение износа режущего инструмента при механической обработке. Высокая твердость и плохая обрабатываемость материала после термообработки увеличивают износ режущего инструмента на 25–30%;

6. Обеспечение адгезии упрочненного слоя к сердцевине. Упрочненный слой должен обладать хорошей адгезией к сердцевине для предотвращения его отслаивания при работе;

В ходе проведенного анализа выхода из строя узлов и механизмов, содержащих в конструкции зубчатые колеса с внутренним зацеплением, были получены следующие данные (Таблица 1).

Таблица 1 - Анализ выхода из строя узлов и механизмов, связанных с поломкой зубчатых колес внутреннего зацепления

Причина выхода из строя	Процент случаев/Характеристика	Страны СНГ	Связанные методы упрочнения	Примеры из практики
Разрушение зубьев (излом, сколы)	25–30% (ударные нагрузки, хрупкость)	Россия, Украина, Казахстан	Азотирование (хрупкость слоя)	ПО «Электросила» (Россия): сколы при азотировании роторов турбин из-за ударных нагрузок.
Истирание зубьев	15–20% (низкая поверхностная твердость)	Казахстан, Беларусь	Нитроцементация (до 2019 г.)	ТОО «Казсервискран» (Казахстан): 27% брака до внедрения нитроцементации (2019 г.).
Коробление зубьев	10–15% (деформация при термообработке)	Россия, Украина	Цементация (деформация до 1.75 мм)	ОАО «Северсталь» (Россия): 15% времени цикла уходит на рихтовку после цементации.
Неравномерный износ	10–12% (неоднородная твердость)	Казахстан, Узбекистан	Закалка ТВЧ (ошибки нагрева)	АО «Уралгидромаш» (Россия): неравномерный нагрев при ТВЧ снижает ресурс на 5–10%.
Трещины в упрочненном слое	8–10% (перегрев, низкая пластичность)	Украина, Беларусь	Азотирование, закалка ТВЧ	ТОО «Maker» (Казахстан): трещины при ТВЧ из-за некорректной настройки индукторов.
Отслаивание упрочненного слоя	5–7% (низкая адгезия)	Россия, Казахстан	Цементация, нитроцементация	НИТУ «МИСиС» (Россия): исследования показали риск отслаивания при неконтролируемой цементации.
Усталостные повреждения	15–20% (циклические нагрузки)	Все страны СНГ	Недостаточная глубина упрочнения	АО «Тяжэлектромаш» (Россия): ресурс колес увеличился на 30% при закалке ТВЧ.

Термическая обработка зубчатых колес с внутренним зацеплением решает комплекс задач, направленных на повышение их эксплуатационных характеристик. Выбор метода обработки, контроль параметров и соблюдение технологической последовательности позволяют минимизировать деформации, обеспечить стабильность размеров и добиться высокой точности готового изделия. Для оценки существующих методик термического упрочнения, можно представить основные причины выхода из строя зубчатых колес, в виде таблицы (Таблица 2).

Таблица 2 - Основные причины выхода из строя зубчатых колес с внутренним зацеплением

Страна	Разрушение зубьев	Истирание зубьев	Коробление зубьев	Неравномерный износ	Трещины в слое	Отслаивание слоя	Усталостные повреждения
Россия	27.5%	—	12.5%	—	—	6%	17.5%
Украина	27.5%	—	12.5%	—	9%	—	17.5%
Казахстан	27.5%	17.5%	—	11%	—	6%	17.5%
Беларусь	—	17.5%	—	—	9%	—	17.5%
Узбекистан	—	—	—	11%	—	—	17.5%

Из приведенных выше данных можно сделать следующие выводы:

1. Разрушение зубьев доминирует в России, Украине и Казахстане (27.5%), связано с хрупкостью при азотировании;
2. Истирание наиболее критично в Казахстане и Беларуси (17.5%);
3. Коробление чаще встречается в России и Украине (12.5%) из-за деформаций при цементации;
4. Усталостные повреждения универсальны для всех стран (17.5%), требуют увеличения глубины упрочнения.

Наиболее эффективным методом, позволяющим уменьшить габариты и массу зубчатых колес, при повышении их прочности и уменьшении затрат на изготовление является метод ТВЧ закалки. При повышении твердости поверхности с 220 НВ до 60 HRC масса зубчатых колес снижается в 7 раз за счет уменьшения габаритов, например, колесо модуля 5 мм и шириной 260 мм уменьшается с 250 кг до 35 кг. Закалка ТВЧ сокращает деформацию зубьев на 15–20% по сравнению с объемной закалкой. Закалка ТВЧ увеличивает срок службы на 30–40% за счет снижения контактных напряжений. Рост популярности закалки ТВЧ так же обеспечивается благодаря энергоэффективности и возможности локальной обработки. Использование низколегированных сталей (40ХНМА вместо 20ХН3А) сокращает затраты на материалы на 25%. Использование же ТВЧ так же позволяет решить проблему поверхностного упрочнения зубчатых колес больших размеров и увеличить ресурс зубчатых колес - для колеса диаметром 700 мм с модулем 8 мм, при цементации ресурс - 10 000 часов, при закалке ТВЧ, ресурс - 12 000 часов.

Список использованных источников

1. Svishchev A.V., Aistov I.P. The Theoretical and Experimental Studies Comparison of the Pressure Pulsation in the Discharge Chamber of the Gear Pump //Procedia Engineering. - 2015. - Volume 113. - P. 186-191 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.316>
2. Zuti Z., Shuping C., Huawei W, Xiaohui L., Jia D., Yuquana Z.. The approach on reducing the pressure pulsation and vibration of seawater piston pump through integrating a group of accumulators //Ocean Engineering. – 2019. - Volume 173. – P. 319-330 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.12.078>

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Поверхностное упрочнение зубьев обойм с внутренним зацеплением является критически важным аспектом современного машиностроения. Зубчатые передачи с внутренним зацеплением широко применяются в тяжелом оборудовании, транспортных системах и энергетических установках, где требуются высокая нагрузочная способность, точность и долговечность. Однако эксплуатация таких механизмов сопряжена с интенсивным износом, контактными нагрузками и термическими деформациями, что делает упрочнение поверхностей ключевым фактором обеспечения надежности. Современные технологии упрочнения направлены на повышение твердости, износостойкости и сопротивления усталости, минимизируя коробление и снижая материалоемкость. Основная цель термической обработки зубчатых колес с внутренним зацеплением заключается в повышении их работоспособности и ресурса эксплуатации за счет:

1. Увеличения поверхностной твердости зубьев, что снижает вероятность абразивного износа и контактных повреждений;
2. Повышения сопротивления усталости, особенно при циклических нагрузках;
3. Минимизации температурных деформаций, вызванных термическими процессами, для обеспечения точности размеров и формы после обработки.

Основные задачи термического упрочнения:

1. Формирование упрочненного слоя заданной глубины и твердости. Глубина упрочненного слоя зависит от модуля зубчатого колеса. Для колес с модулем 2,5 - 5,0 мм рекомендуемая глубина упрочнения составляет 1,0 - 1,5 мм [1]. Для крупногабаритных колес с модулем 12–30 мм глубина может достигать 1,8 мм. Твердость поверхности должна находиться в пределах - HRC 45 - 60;
2. Обеспечение стабильности размеров и минимизация коробления. Коробление зубьев является одной из основных проблем при термической обработке. Например, для колес диаметром до 500 мм деформация может достигать 1,75 мм, что превышает толщину упрочненного слоя (1,2 мм) [2]. Это существенно усложняет финишную обработку;
3. Выбор оптимального метода термической обработки. Метод термической обработки выбирается исходя из габаритов колеса, материала и условий эксплуатации;

4. Обеспечение однородности твердости по всему контуру зубьев. Неоднородная твердость зубьев может вызывать дополнительные погрешности при нарезании профиля, такие как биение зубчатого венца, отклонения эвольвентного профиля и окружного шага.

5. Снижение износа режущего инструмента при механической обработке. Высокая твердость и плохая обрабатываемость материала после термообработки увеличивают износ режущего инструмента на 25–30%;

6. Обеспечение адгезии упрочненного слоя к сердцевине. Упрочненный слой должен обладать хорошей адгезией к сердцевине для предотвращения его отслаивания при работе;

7. Оценка влияния термической обработки на точность колеса. После термической обработки точность зубчатого колеса снижается на 0,5 - 1,0 степень.

Термическая обработка зубчатых колес с внутренним зацеплением решает комплекс задач, направленных на повышение их эксплуатационных характеристик. Выбор метода обработки, контроль параметров и соблюдение технологической последовательности позволяют минимизировать деформации, обеспечить стабильность размеров и добиться высокой точности готового изделия.

Наиболее эффективным методом, позволяющим уменьшить габариты и массу зубчатых колес, при повышении их прочности и уменьшении затрат на изготовление является метод ТВЧ закалки. При повышении твердости поверхности с 220 HB до 60 HRC масса зубчатых колес снижается в 7 раз за счет уменьшения габаритов, например, колесо модуля 5 мм и шириной 260 мм уменьшается с 250 кг до 35 кг. Закалка ТВЧ сокращает деформацию зубьев на 15–20% по сравнению с объемной закалкой. Закалка ТВЧ увеличивает срок службы на 30–40% за счет снижения контактных напряжений. Рост популярности закалки ТВЧ так же обеспечивается благодаря энергоэффективности и возможности локальной обработки. Использование низколегированных сталей (40ХНМА вместо 20ХН3А) сокращает затраты на материалы на 25%. Использование же ТВЧ так же позволяет решить проблему поверхностного упрочнения зубчатых колес больших размеров и увеличить ресурс зубчатых колес - для колеса диаметром 700 мм с модулем 8 мм, при цементации ресурс - 10 000 часов, при закалке ТВЧ, ресурс - 12 000 часов.

Список использованных источников

1. Svishchev A.V., Aistov I.P. *The Theoretical and Experimental Studies Comparison of the Pressure Pulsation in the Discharge Chamber of the Gear Pump* //Procedia Engineering. - 2015. - Volume 113. - P. 186-191 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.316>
2. Zuti Z., Shuping C., Huawei W, Xiaohui L., Jia D., Yuquana Z.. *The approach on reducing the pressure pulsation and vibration of seawater piston pump through integrating a group of accumulators* //Ocean Engineering. – 2019. - Volume 173. – P. 319-330 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.12.078>

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ СТУПЕНЧАТЫХ ОТВЕРСТИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Одной из актуальных задач современного машиностроения является повышение качества обработки ступенчатых отверстий крупногабаритных корпусных деталей. Обработка таких отверстий характеризуется повышенными требованиями к точности, соосности и шероховатости поверхностей. В проекте предлагается разработка технологии одновременной обработки ступенчатых отверстий с одной установки и специальной расточной борштанги, обеспечивающей снижение вибрации, улучшение качества и сокращение количества технологических переходов [1].

Крупногабаритные детали, такие как станины насосов, широко применяются в оборудовании для горнорудной, нефтегазовой и химической отраслей. Масса и габариты этих изделий требуют применения специальных подходов при разработке технологии механической обработки. Наиболее трудоёмкой операцией является растачивание ступенчатых отверстий, сопряжённое с риском возникновения вибрации и нарушением соосности. Это, в свою очередь, снижает качество, увеличивает брак и стоимость продукции [2].

Цель проекта – разработка и обоснование технологии повышения точности и качества обработки ступенчатых отверстий за счёт снижения вибрации, достигаемого с помощью новой конструкции расточной борштанги.

Масса и габариты таких изделий, в сочетании с малой серийностью их выпуска, существенно ограничивают возможности разработки технологического процесса. В частности, становится затруднительным применение передовых методов обработки и эффективных форм организации производства, характерных для крупносерийного и массового изготовления, что не свойственно тяжелому машиностроению. Особое внимание требует растачивание ступенчатых отверстий большого диаметра, являющееся одной из наиболее сложных операций [3].

Идея проекта заключается в повышении качества и снижении себестоимости обработки ступенчатых отверстий за счёт сокращения технологических переходов.

Для реализации проекта применяется комплексный подход, включающий:

- Анализ производственной практики машиностроительных предприятий и выявление узких мест.
- Теоретические исследования геометрии и конструкции инструмента.

- Изготовление опытного образца борштанги.

Проводятся расчёты жёсткости, анализа НДС, тепловых процессов, изучаются колебательные характеристики инструмента, моделируется процесс растачивания с разными параметрами резания.

Разработана сборочная и рабочая конструкторская документация специальной борштанги.

Установлены оптимальные параметры обработки (подача, скорость, глубина резания) для минимизации вибраций и обеспечения стабильного качества.

Проведены натурные и численные эксперименты, подтвердившие эффективность конструкции.

Выявлены критические зоны деформации и напряжений в режущих элементах при разных режимах.

Установлены закономерности влияния режимов резания на шероховатость и твёрдость поверхности.

Применение разработанной технологии позволит:

- Повысить точность обработки ступенчатых отверстий (до 6–7 квалитета).

- Обеспечить стабильную соосность ступеней отверстий.

- Снизить основное и вспомогательное время обработки на 20–25%.

- Уменьшить износ инструмента и улучшить условия отвода стружки.

- Внедрить решения в производственную практику машиностроительных предприятий Карагандинского региона [4].

Реализация проекта позволит создать эффективную технологию и инструмент, применимые в серийном производстве крупногабаритных деталей, снизить затраты, повысить качество и укрепить позиции отечественного машиностроения. Конструкция борштанги и разработанные рекомендации могут быть масштабированы и использованы в различных отраслях тяжёлого машиностроения.

Список использованных источников

1. Носовский А.В., Титов В.И. *Технология машиностроения*. — М.: Машиностроение, 2016. — 672 с.

2. Кузнецов В.Н., Павлов П.А. *Основы проектирования режущего инструмента*. — М.: Машиностроение, 2009. — 408 с.

3. Карсакова Н.Ж., Шеров К.Т., Доненбаев Б.С., Тусупова С.О., Имашева К. Экспериментальное исследование влияния режимов резания на шероховатость поверхности при растачивании ступенчатого отверстия // *Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Серия технические науки и технологии*. — 2023. — №4(145). — С. 260–269. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2023-145-4-260-269>

4. Karsakova N., Sherov K., Donenbayev B., Abulkhairon D., Sagynganova I., Ussebayev M. Calculation Of The Boring Bar Design For Static Rigidity And Strength With Simultaneous Boring Of A Stepped Hole With Further Optimization // *Journal of Applied Engineering Science*. — 2023. — Vol. 21, Iss. 1. — P. 300–312. <https://doi.org/10.5937/jaes0-40340>

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПУАНСОНОВ

Современное машиностроение требует высокой точности и экономической эффективности при производстве изделий, что делает актуальной задачу восстановления изношенного инструмента, в частности пуансонов. Основные способы восстановления включают наплавку, термическое напыление, лазерную наплавку, а также химико-термическую обработку и последующую шлифовку. Выбор метода зависит от степени износа, материала пуансона и условий его эксплуатации[1]. Применение современных технологий восстановления позволяет значительно продлить срок службы инструмента, снизить производственные затраты и повысить устойчивость к износу, сохраняя при этом требуемые геометрические параметры и твердость рабочих поверхностей.

Пуансоны являются важнейшими компонентами пресс-форм и штамповочного оборудования. Они подвергаются интенсивному износу, что приводит к необходимости их частой замены или восстановления[2]. Современные технологии восстановления позволяют вернуть инструменту его первоначальные свойства или даже улучшить их, обеспечив высокую износостойкость и точность.

Причины износа пуансонов

Износ пуансонов в процессе эксплуатации может быть вызван различными факторами, среди которых основными являются:

- механический износ — происходит вследствие постоянных нагрузок, ударов, изгибов и давления в процессе штамповки. Со временем это приводит к изменению геометрии и снижению точности инструмента;
- абразивный износ — возникает при наличии твёрдых включений в обрабатываемом материале или загрязнении заготовок. Частицы действуют как абразив, стирая рабочую поверхность пуансона;
- адгезионный износ — наблюдается при прилипания частиц заготовки к поверхности инструмента с последующим их отрывом, что приводит к вырывам материала и образованию задиров;
- термический износ — связан с локальным перегревом в зоне контакта инструмента с материалом. Повышенные температуры могут вызывать снижение твёрдости и образование термических трещин;
- коррозионный износ — возникает при воздействии агрессивной среды, влаги или химических веществ, особенно при длительном хранении инструмента без консервации;

- усталостное разрушение — обусловлено многократными циклическими нагрузками, в результате которых накапливаются микрповреждения, приводящие к трещинам и разрушению инструмента.

Технологии восстановления.

Восстановление пуансонов включает в себя несколько этапов и может выполняться с использованием различных методов в зависимости от степени износа, материала и требований к точности:

- дуговая наплавка. На повреждённый участок наносится металл с помощью дугового разряда. Используются специальные присадочные материалы, которые обеспечивают необходимую твёрдость и адгезию. После наплавки проводится термообработка и механическая обработка поверхности;

- лазерная наплавка. Метод точечного нанесения металлического порошка с использованием лазера. Позволяет минимизировать тепловое влияние на основной материал, что важно при восстановлении прецизионных пуансонов. Применяется для локального упрочнения и исправления дефектов;

- HVOF-напыление (High Velocity Oxygen Fuel). Применяется для нанесения защитных покрытий на основе карбидов вольфрама или хрома. Порошок ускоряется газовой струей и осаждается на поверхность с высокой скоростью. Полученное покрытие отличается высокой плотностью, адгезией и износостойкостью.

- Гальваническое покрытие. Метод электролитического нанесения тонких металлических слоёв — чаще всего никеля или хрома. Применяется для повышения коррозионной стойкости и точности размеров.

- Химико-термическая обработка. После механического восстановления поверхности часто проводится азотирование или цементация. Эти процессы позволяют насытить поверхностный слой пуансона азотом или углеродом, повышая его твёрдость и износостойкость.

- Шлифовка и доводка. Заключительный этап, необходимый для восстановления требуемой геометрии, шероховатости и точности рабочих поверхностей. Выполняется на специализированных станках с высокой точностью.

Комбинирование вышеуказанных методов позволяет достичь максимального эффекта восстановления при сохранении эксплуатационных характеристик.

Экономический эффект и практика.

Экономическая эффективность восстановления пуансонов объясняется снижением затрат на производство, уменьшением простоев оборудования и повышением общего ресурса инструмента:

- снижение затрат. Изготовление нового пуансона требует значительных затрат на материалы, механическую обработку, термическую

обработку и контроль. Восстановление, как правило, обходится в 3–5 раз дешевле. По оценкам, экономия может достигать 70–80%;

- сокращение времени простоя. Производство нового инструмента может занять от нескольких дней до нескольких недель. Восстановление же, особенно при использовании лазерной или дуговой наплавки, выполняется значительно быстрее, что позволяет оперативно вернуть инструмент в работу;

- повышение ресурса. После качественного восстановления с применением упрочняющих технологий срок службы пуансона увеличивается в среднем в 1.5–2 раза. Некоторые современные материалы и технологии (например, HVOF) позволяют добиться ресурса, превышающего первоначальный;

- повторное восстановление. Многие технологии позволяют производить восстановление одного и того же пуансона до 3–5 раз без ухудшения его характеристик, что дополнительно увеличивает экономическую эффективность;

- положительная практика. На предприятиях тяжёлого машиностроения, автомобильной и авиационной отраслей внедрение комплексных программ восстановления позволило сократить расходы на инструмент на 25–40% в год. Особенно эффективна технология восстановления для нестандартных и дорогостоящих пуансонов.

Восстановление изношенных пуансонов является рациональной альтернативой изготовлению нового инструмента. Грамотный выбор технологии, совмещенный подход и финальная обработка позволяют достигнуть высоких эксплуатационных характеристик при минимальных затратах[3]. Это делает процесс восстановления неотъемлемой частью современного промышленного производства, способствующего ресурсосбережению, повышению экономической эффективности и устойчивому развитию машиностроительных предприятий.

Список использованных источников

1. Бондаренко В.Ф. Восстановление и упрочнение деталей машин. — М.: Машиностроение, 2010.
2. Дьяченко Н.Ф., Елисеев В.П. Методы повышения износостойкости инструментов. — М.: Машгиз, 2014..
3. Материалы международной конференции "Современные технологии восстановления деталей и инструментов", Екатеринбург, 2021.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

Комплексным планом развития машиностроения Республики Казахстан на 2019 – 2030 годы предусмотрены внедрение цифровых технологий, таких как промышленный интернет вещей (IIoT) и автоматизированные системы управления производством, а также развитие научных исследований в сфере машиностроения.

Развитие науки вызывает кардинальные трансформации в инновационных и цифровых технологиях, которые являются мощным стимулом для развития производства. В современном производстве особое значение имеет разработка цифрового двойника (виртуальной модели производства), для которой необходимо определить группу взаимосвязанных задач, решение которых позволит построить совокупность математических моделей производства, предложить эффективные методы реализации моделей, выявить основные закономерности производственных процессов.

. Для разработки цифровых двойников используются компьютерные системы автоматизированного проектирования САД, автоматизированного производства САМ и инженерных расчетов САЕ (рис.1).

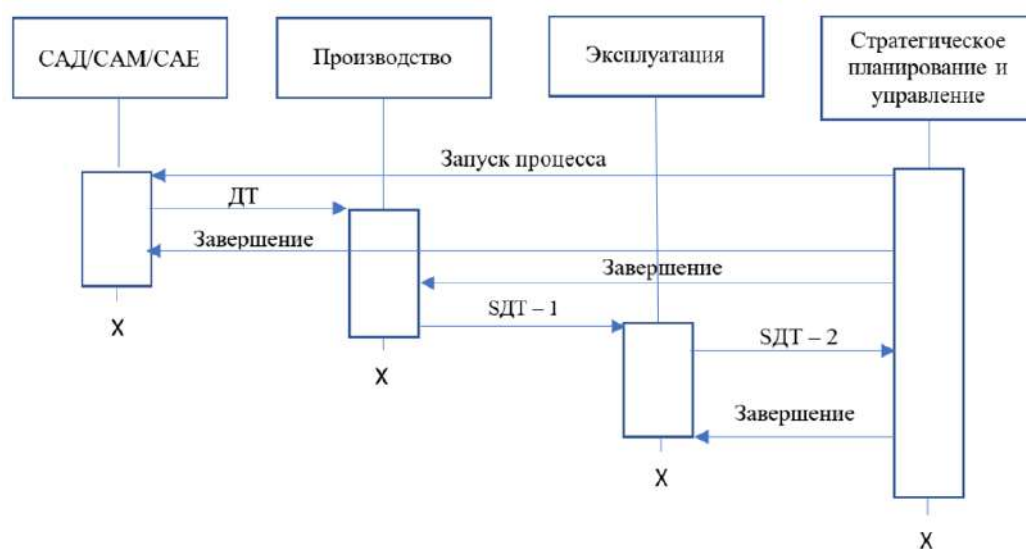


Рис. 1. Диаграмма этапов производства:

ДТ – цифровой двойник;

SДТ – 1 и SДТ – 2 – умные цифровые двойники соответственно первого и второго уровня

Модель цифрового двойника исходного сырья (ДТ–1) описывает влияние геометрических параметров, технологических, механических и теплофизических свойств исходного сырья на качество синтезируемых изделий.

Модель цифрового двойника оборудования (ДТ–2) может быть разработана на универсальном языке моделирования, в основу которого положено понятие класса. Определенные классы оборудования связаны с разработкой узлов и механизмов, алгоритмического и программного обеспечения и т.д. Поиск оптимальных решений структуры и параметров оборудования аддитивного производства наиболее эффективно проводить в единой информационной среде проектирования, инженерного расчета, технологической подготовке производства.

Модель цифрового двойника технологического процесса (ДТ–3) основывается на тщательном изучении процессов, позволяющих прогнозировать значение неизмеряемых параметров. Особенностью модели аддитивного процесса является совместное рассмотрение процессов тепло – и массопереноса, влияющих на структуру и свойства синтезируемых изделий. При виртуальном исследовании аддитивного процесса определяют значения параметров технологического режима обработки, количество, геометрическую форму и размеры объекта.

Модель цифрового двойника ДТ–4 прогнозирует механические и теплофизические свойства изделия в течении всего жизненного цикла. При моделировании изделия необходимо учитывать требования к его геометрическим параметрам, механическим свойствам, химическому составу и теплофизическим свойствам, структуре и поверхности.

Умный цифровой двойник первого уровня (СДТ–1) интегрирует информационные потоки цифровых двойников исходного сырья, оборудования, технологического процесса и изделия. Математический аппарат обработки и анализа данных СДТ–1, используя возможности «облачных аналитических серверов», технологии «промышленного интернета вещей (IIoT)», трансформируется в умный цифровой двойник второго уровня (СДТ–2).

Для сокращения сроков освоения новых изделий в производстве большое значение имеет разработка автоматизированных систем научных исследований и автоматизированной технологической подготовки производства. Их составной частью являются современные методы компьютерного моделирования, которые при минимальных затратах времени и материальных средств позволяют изучать и исследовать различные процессы, проводить их оптимизацию с выходом на проектирование самих изделий, разработку технологических процессов и управляющих программ.

Для обеспечения высоких требований к точности и качеству изделий необходимо постоянное получение информации о процессе и состоянии изделия на каждой технологической операции. Для решения данной задачи наиболее эффективным представляется использование математического аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС) и цифрового двойника технологического процесса.

Для мониторинга процесса и измерения изделия на каждой технологической операции необходимо использование специализированного контрольно-измерительного оборудования, снижающего уровень брака готовой продукции до минимума. Также для точных измерений изделий используют 3D-сканеры лазерного типа, измеряющие длину, диаметры, конусы, радиусы, зазоры, перпендикулярность, прямолинейность, соосность, параметры резьбы.

Процедура создания цифрового двойника технологического процесса изготовления изделия включает в себя следующие этапы (рис.2): измерение параметров качества изделия на каждой технологической операции с помощью современных систем контроля; обучение ИНС и создание на ее основе рабочих программ; применение рабочих программ для прогнозирования параметров качества изделия на каждой технологической операции.



Рис.2. Структура цифрового двойника технологического процесса

Точность полученного прогноза зависит от качества исходных данных ИНС, которые должны достаточно равномерно представлять всю область возможных значений входных параметров.

Созданный цифровой двойник технологического процесса является эффективным инструментом управления качеством целого класса изделий массовых производств. Достоинствами цифрового двойника являются универсальность и возможность применения при существующей инфраструктуре производства и на используемом в данный момент оборудовании. Его внедрение на предприятии позволит сократить затраты на контроль, повысить качество продукции и предотвратить выпуск брака.

Список использованной литературы:

1. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении/Под общ.ред. Ю.М. Соломенцева, В.Г. Митрофанова. М.: Машиностроение, 1986. 256с.
2. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технология аддитивного производства. М.: Техносфера, 2016. 656с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М: Вильямс, 2006. 1104с.
4. Цифровой двойник (Digital Twin). URL:<https://www.cadfem-cis.ru> (02.05.2019)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НАПЛАВЛЕННОМ СЛОЕ

Исследование остаточных напряжений было выполнено с помощью сканера механических напряжений “STRESSVISION” (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сканер механических напряжений “STRESSVISION” модели “EXPERT”

При измерении остаточных напряжений использовался магнитно-анизотропный метод. Магнитно-анизотропный метод — это один из неразрушающих методов измерения остаточных напряжений в ферромагнитных материалах [1]. Он основан на зависимости магнитных свойств материала от направленности механических напряжений, то есть использует явление магнитной анизотропии, которая изменяется под действием остаточных напряжений [2].

Для проведения работ были исследованы следующие марки проволоки:

1. СВ08Г2С $\varnothing 1,2$ мм;
2. ОК Tubrodur 35 G M $\varnothing 1,2$ мм;
3. 30ХГСА $\varnothing 1,6$ мм.



Рисунок 2 – Схема термообработки

Для уменьшения остаточных напряжений была применена комбинированная термообработка (ТО). Термообработка проводилась по схеме закалка 850 в течение 1 часа, с последующим охлаждением в масле в

течение 10 минут и отпускком при температуре 350 в течение получаса с последующим медленным охлаждением в печи (рисунок 2).

Измерение остаточных напряжений проводилось на образцах после наплавки до термообработки и после наплавки с термообработкой. Для этого на наплавленный образец накладывался трафарет с заранее намеченными координатными сетками с размером 5×5 мм. Трафарет имел размеры 6 точек на 5 строк.

В таблице 1 представлены результаты измерения остаточных напряжений на наплавленных образцах до термообработки и после термообработки.

Таблица 1 – Значения остаточных напряжений

	После наплавки без ТО	После наплавки с ТО
СВ08Г2С		
OK Tubrodur 35 GM		
30ХГСА		

По результатам исследований установлено, что максимальных величина остаточных напряжений для наплавки:

- СВ08Г2С: без термообработки – 160 МПа; после термообработки – 80 МПа;

- ОК Tubrodur 35 GM: без термообработки – 160 МПа; после термообработки – 100 МПа;

-30ХГСА: без термообработки – 140 МПа; после термообработки – 80 МПа;

Можно сделать вывод, что комбинированная термообработка снижает величину остаточных напряжений в $1,75 \div 2$ раза.

Сравнение результатов измерений до и после термообработки показывает чёткую тенденцию к снижению уровня остаточных напряжений в наплавленных образцах. В исходном состоянии, непосредственно после наплавки, образцы характеризовались высокими уровнями как растягивающих, так и сжимающих напряжений, возникающих вследствие локализованного теплового воздействия, фазовых превращений и разницы в коэффициентах теплового расширения между основным и наплавленным металлом.

После проведения термообработки значения напряжений существенно уменьшились, что свидетельствует о разгрузке внутренней структуры материала.

На основании анализа измерений можно утверждать, что:

- Термообработка была подобрана правильно;
- Проведённая термическая обработка эффективно способствовала снижению остаточных напряжений;
- Наплавленные образцы после обработки обладают более стабильным и равномерным напряжённым состоянием, что значительно повышает их долговечность и надёжность в эксплуатации.

Список использованных источников:

1. А.К. Адаменков, И.Н. Веселова, В.Я. Шпицер. Оценка развития эрозионно-коррозионного износа с помощью метода измерения магнитной анизотропии. Эксплуатация объектов атомной отрасли 2019.
2. Кузеев И.Р., Тукаева Р.Б., Никифоров В.К., Шамсутдинов Р.Р. Экспериментальное определение деформаций и напряжений в тонких оболочках с помощью тензометрических систем. В сборнике: Современные информационные технологии в управлении качеством. сборник статей IV Международной научно-прикладной конференции. Под редакцией В.В. Рыжакова. 2015. С. 42-46.

УЛУЧШЕНИЯ ГРАФИКА РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) — комплекс мероприятий, направленных на обеспечение работоспособности и продление срока службы оборудования, как основного, так и вспомогательного, используемого в производственных процессах. При правильной организации она помогает избежать незапланированных простоев, повысить производительность, улучшить безопасность и снизить общие затраты на эксплуатацию технологического парка предприятия[1]. Основной целью является обеспечение полной и эффективной работы оборудования, что способствует его длительной эксплуатации и предотвращению поломок. Также система ТОиР решает следующие задачи:

1. Максимизация КПД оборудования. С помощью своевременного обслуживания удастся минимизировать простои из-за поломок или внепланового ремонта. Оборудование функционирует с максимальной производительностью в течение всего срока эксплуатации;
2. Сокращение затрат на текущие и капитальные ремонты. ТОиР позволяет вовремя выявлять изношенные детали и заменять их до того, как произойдут серьезные поломки, требующие дорогостоящего ремонта или замены всего узла;
3. Контроль за состоянием техники. Своевременная диагностика помогает не только выявлять возможные дефекты на ранних стадиях, но и прогнозировать срок службы отдельных компонентов оборудования;
4. Непрерывность производственных процессов. ТОиР направлен на минимизацию простоев, которые могут возникнуть в случае аварийных ситуаций или износа оборудования. Если предотвратить остановку невозможно, плановое обслуживание позволяет сократить время на ремонт и перенести его на моменты, когда простой менее критичен для производственного процесса;

В зависимости от стратегии технического обслуживания и ремонта на производстве выделяют несколько типов стратегии ТОиР. В зависимости от подхода выделяются четыре распространенные стратегии ТОиР[2].

1 Пассивное (аварийное) обслуживание. Предполагает ремонт оборудования только после того, как оно выйдет из строя. Основное преимущество такого подхода — отсутствие необходимости в постоянном обслуживании и мониторинге, что позволяет сэкономить на сборе данных и затратах на текущее обслуживание. Недостатком стратегии является отсутствие планирования затрат и времени на ремонт, что может привести

к длительным простоям, особенно если для восстановления работоспособности оборудования требуются запчасти, которые нужно заказывать заранее.

2 Планово-предупредительное обслуживание. Основывается на статистике эксплуатации определенного типа оборудования. На основе данных о том, какие узлы чаще всего ломаются и почему, составляется график обслуживания, по которому профилактические работы и ремонты проводятся в плановом порядке. Планово-предупредительное обслуживание снижает вероятность аварийного простоя оборудования, поскольку работы можно выполнять во время запланированных остановок. Это позволяет провести несколько операций за один раз, обновить некоторые узлы и повысить общую надежность системы[3].

3 Обслуживание по состоянию. Гибкая стратегия ТО, которая основывается на данных о состоянии конкретных агрегатов оборудования. Для ее реализации компании собирают статистику о поломках и заявках, ведут учет всех выполненных работ в системе Help Desk, используют инструменты для мониторинга износа оборудования.

4 Проактивное обслуживание. Предполагает проведение ремонтов перед тем, как поломка фактически произойдет. Базируется на идее о том, что оборудование всегда имеет скрытые дефекты, которые со временем могут перерасти в неисправности. Регулярное вмешательство должно предотвращать развитие критических поломок [4].

Проактивное обслуживание требует сбора данных о техническом состоянии оборудования и анализа изменений во времени. Это позволяет точно прогнозировать моменты, когда агрегаты начинают проявлять признаки износа, и своевременно проводить ремонт. Основное преимущество стратегии заключается в возможности минимизировать вероятность серьезных поломок и аварий, что в долгосрочной перспективе существенно сокращает расходы на ТОиР. Однако требуются значительные начальные инвестиции в организацию процесса, так как необходимо не только собирать и анализировать данные, но и «настроить» своевременное вмешательство. Важно отметить, что, несмотря на все преимущества, проактивное обслуживание не может полностью исключить поломки, вызванные человеческим фактором.

Список использованных источников:

1. Аверченков В.И. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков, И.А. Каштальян, А.П. Пархутик Минск: Вышэйш. шк., 2023. - 288 с.

2. Андрейченко А. «Вертикаль» новое поколение технологических САПР: объектный подход / А.Андрейченко // САПР и графика. - 2015. - №6.-С. 30-35.

3. Андрейчикова О.Н. Многокритериальная оценка конкурентоспособности инновационных организаций автоматизированными методами семейства ELECTRE / О.Н. Андрейчикова, А.В. Андрейчиков, Д.Е. Декатов // Менеджмент инноваций. 2018. - №3. - С. 180-186.

4. Артамонов Е.И. Языки взаимодействия пользователя с ЭВМ в системе «Графика-81» / Е.И. Артамонов, В.А. Загвосткин, А.А. Шурупов, М.Ю. Щегольков. М.: ИПУ РАН, 2018.

СКВОЗНАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТА- ВОК И ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Решение задачи заключается в поиске такого времени работы станков, при котором достигаются поставленные цели. Данная задача может применяться при многоэтапном процессе производства, выпуске нескольких видов продукции и необходимости достижения одновременно нескольких целей.

Каждое предприятие, занимающееся производством продукции, перед началом своей деятельности ставит перед собой задачу по определению объема производства, реализация которого приведет к увеличению прибыли. Но не остаются без внимания и другие задачи, например минимизация затрат при производстве такого объема продукции, который обеспечивает предприятию высокую прибыль. Для решения таких задач руководство разрабатывает план производства – задание по выпуску продукции определенного ассортимента, ориентированное на достижение целей предприятия.

При разработке плана производства продукции учитываются ограничения по ресурсам предприятия, к которым относятся фонд рабочего времени каждого вида оборудования; фонд рабочего времени, определяемый численностью персонала; запасы материальных ресурсов, которыми располагает или может располагать предприятие; плановый период.

Всякое предприятие заинтересовано в формировании оптимального плана производства, то есть ставится задача оптимизации плана производства. Оптимизация есть процесс поиска наилучшего варианта решения, построение варианта, при котором достигается цель деятельности с учетом более полного и эффективного использования производственных мощностей и ресурсов. Разработка оптимального плана производства с учетом нескольких критериев является актуальной проблемой.

Выбор оптимальной стратегии производства продукции рассмотрен в ряде работ.

Впервые однокритериальная задача планирования производства была поставлена и решена в работе Л.В. Канторовича в 1939 г. [1]. Задача рассматривалась с различными критериями оптимальности.

В качестве критерия оптимальности используются прибыль (задача максимизации), трудозатраты (задача минимизации), резервы ресурсов (задача максимизации).

В статье «Проблемы учета и контроля расходов в коммерческих организациях» Т.А. Похилько рассматривает ключевые проблемы учета и контроля расходов в коммерческих организациях. Автор статьи обосновал, что в коммерческой организации проблемы учета и контроля расходов не-

разрывно связаны с особенностями комплексного подхода к менеджменту организации.

Т.Н. Сысо рассмотрел модели, а также классические и современные методы оптимизации затрат, подходы к совершенствованию системы управления затратами, обосновал выбор приоритетных направлений управления затратами, который зависит от стратегических целей компании, определил мероприятия по снижению затрат (метод ABC) и проблемы их реализации.

Также Т.Н. Сысо отметил, что проблему управления затратами на современном предприятии можно представить как задачу регулярного менеджмента: на основе маркетинговых исследований (изучения эластичности спроса, емкости рынка, позиционирования товара в определенном сегменте рынка) следует постоянно корректировать объемы выпуска, цены, добиваясь оптимального соотношения затрат и прибыли [2].

Е.В. Акимова в работе «Планирование производства – путь к успешному бизнесу» утверждает, что к разработке оптимального плана производства требуется применять комплексный подход, не оставляя без внимания действующую на предприятии технологию производства и учитывая особенности хозяйственной деятельности. Изменения внешних (инфляция, увеличение или снижение спроса на рынке) и внутренних факторов (увеличение или изменение производственных мощностей, материальных и трудовых ресурсов) также должны быть отражены при формировании производственного плана.

В работе [3] рассматривается двухкритериальная задача оптимизации производственной программы, учитывающая максимизацию прибыли и минимизацию трудозатрат.

В данной работе предлагается интегрированная модель планирования производства, учитывающая три критерия одновременно. Такой подход предполагает решение задач оптимальной загрузки оборудования и планирования выпуска продукции, при котором прибыль будет максимальной, а затраты на производство и потребляемые ресурсы – минимальны.

Список использованных источников:

1. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. Л.: ЛГУ, 2021. 68 с.
2. Сысо Т.Н. Оптимизация управления затратами предприятия // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2021. № 4. С. 135–143. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/optimizatsiya-upravleniya-zatratami-predpriyatiya>
3. Мицель А.А., Зедина М.А. Оптимизация годовой производственной программы предприятия методом справедливого компромисса // Экономический анализ: теория и практика. 2022. Т. 11. Вып. 41. С. 54–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/optimizatsiya-godovoy-proizvodstvennoy-programmy-predpriyatiya-metodom-spravedlivogo-kompromissa>
4. Березовский Б.А., Барышников Ю.М., Борзенко В.И., Кемпнер Л.М. Многокритериальная оптимизация. Математические аспекты: монография. М.: Наука, 2024, 129 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

В современных машинах и механизмах широкое применение находят гидравлические системы, обеспечивающие эффективную передачу энергии и управление движением. Одним из ключевых элементов таких систем является гидроцилиндр - исполнительный механизм, преобразующий энергию давления рабочей жидкости в механическое поступательное движение. Благодаря своей надёжности, простоте конструкции и высокой мощности, гидроцилиндры используются в самых различных отраслях: от строительной и сельскохозяйственной техники до промышленного оборудования и транспортных средств.

Однако интенсивная эксплуатация в условиях высоких нагрузок, агрессивных сред и температурных перепадов неизбежно приводит к износу рабочих поверхностей гидроцилиндров. Одной из наиболее уязвимых частей является внутренняя поверхность гильзы, подверженная износу в результате трения поршневых уплотнений, коррозии из-за влаги и примесей в рабочей жидкости, кавитации при резких изменениях давления, а также ударных нагрузок. Дegradaция этой поверхности приводит к снижению эффективности работы гидроцилиндра, утечкам рабочей жидкости, потере мощности и, в конечном итоге, к полному выходу оборудования из строя.

Замена вышедшего из строя гидроцилиндра на новый часто является дорогостоящим и длительным процессом, особенно для крупногабаритного или специализированного оборудования. В связи с этим, восстановление изношенных внутренних поверхностей гильз гидроцилиндров приобретает особую актуальность. Применение современных технологий ремонта позволяет не только существенно продлить срок службы узлов и снизить эксплуатационные затраты, но и минимизировать простои оборудования, что критически важно для поддержания непрерывности производственных процессов и снижения экологической нагрузки за счёт сокращения отходов производства. На сегодняшний день существуют следующие технологии восстановления гидроцилиндров:

1. Электроосаждение хрома – это один из наиболее распространённых способов, то есть нанесение гальванического хромового покрытия. Он обеспечивает высокую твёрдость, коррозионную стойкость и низкий коэффициент трения. Однако технология требует сложного оборудования, экологически опасных растворов и точного соблюдения параметров.

2. Наплавка и механическая обработка. При наплавке используются порошковые или проволоочные материалы, устойчивые к износу.

Преимуществом метода является высокая прочность соединения, а недостатком - высокая температура процесса, вызывающая деформации.

3. Метод газотермического напыления представляет собой напыление металлических и керамических покрытий при помощи плазменного или детонационного оборудования позволяет наносить слои с высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Этот способ даёт высокое качество поверхности, но требует дорогостоящего оборудования.

4. Использование полимерных и композитных составов. В последнее время растёт интерес к методам восстановления с применением полимерных композитов (например, эпоксидных смол с наполнителями). Эти материалы позволяют быстро и с минимальными затратами восстановить геометрию внутренней поверхности без термического воздействия. Однако прочность и долговечность таких покрытий уступают металлическим аналогам.

5. Напыление холодным методом (cold spray). Это современная технология, при которой порошковый металл ускоряется до сверхзвуковых скоростей и ударяется о поверхность без значительного нагрева. Метод обеспечивает отличную адгезию и отсутствие термического влияния на гильзу. Технология перспективна, но пока остаётся дорогой и требует высокой квалификации персонала.

Сравнительный анализ технологий восстановления гидроцилиндров представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ технологий восстановления гидроцилиндров

№	Технология	Преимущества	Недостатки	Оценка применимости
1	Электроосаждение хрома	- Высокая твёрдость - Износо- и коррозионная стойкость - Низкий коэффициент трения	- Сложное и дорогое оборудование - Экологически опасные реагенты - Требуется строгое соблюдение режимов	Подходит для серийного и точного восстановления, особенно при высоких требованиях к поверхности
2	Наплавка + механическая обработка	- Прочное соединение - Высокая износостойкость	- Термическая деформация деталей - Необходима последующая обработка	Эффективно при восстановлении сильно изношенных или повреждённых деталей
3	Газотермическое напыление	- Высокое качество покрытия	- Высокая стоимость оборудования	Подходит для восстановления дорогих и

		- Возможность нанесения различных материалов - Отличная износостойкость	- Требуется специальных условий и подготовки	критически нагруженных компонентов
4	Полимерные и композитные составы	- Быстрое нанесение - Нет термического влияния - Низкая стоимость	- Ограниченный срок службы - Меньшая прочность по сравнению с металлом	Подходит для временного ремонта и восстановления при невысоких нагрузках
5	Холодное напыление (Cold Spray)	- Отсутствие термической деформации - Высокая адгезия - Высокое качество покрытия	- Дорогостоящее оборудование - Необходима высокая квалификация	Перспективная технология, особенно для тонкостенных деталей и точного ремонта

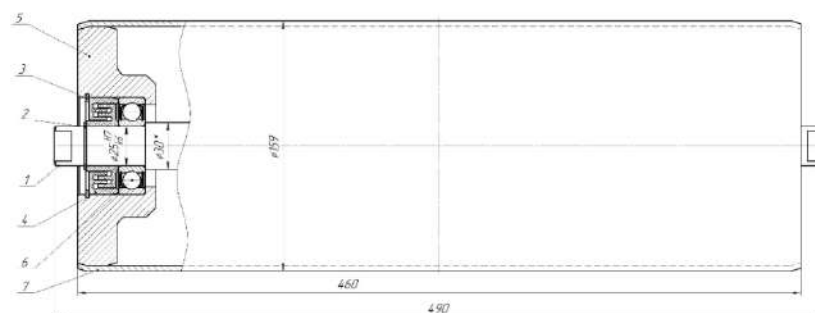
Таким образом, выбор оптимальной технологии восстановления гидроцилиндров должен основываться на комплексной оценке таких факторов, как степень износа детали, требуемые эксплуатационные характеристики восстановленной поверхности, доступность оборудования, квалификация персонала, а также экономическая целесообразность ремонта. Разнообразие представленных методов позволяет подобрать наиболее подходящее решение для конкретных условий, обеспечивая продление срока службы гидроцилиндров и снижение затрат на их обслуживание и ремонт. Наиболее универсальными остаются методы наплавки и хромирования, однако современные технологии, такие как холодное напыление и композитные покрытия, открывают новые перспективы благодаря своей адаптивности и экологичности. Разработка нового комбинированного метода восстановления с применением композитных материалов и локальной обработки может стать эффективным направлением дальнейших исследований.

Список использованной литературы:

1. Коган Б. И., Егоров А. В. Гидроцилиндры горных машин. Технологии восстановления // Вестник КузГТУ. – 2012. – №4. – С. 73–79.
2. Хоменко И. Н. Современные технологии восстановления деталей машин. – М.: Машиностроение, 2020.
3. Кузьмин Ю.В. Основы теории и практики нанесения покрытий. – М.: Техносфера, 2010.
4. Кузьмин Ю.В., Ефременко И.И., Смирнов В.П. Технология ремонта и восстановления деталей машин. – М.: Академия, 2013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РОЛИКА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Объектом исследования является обечайка роlikоопоры ленточного конвейера (рисунок 1), который принимает на себя нагрузку от ленты и транспортируемого материала.



1 – вал; 2,3 – кольца стопорные; 4 – лабиринтное уплотнение; 5 – корпус подшипникового узла; 6 – подшипник; 7 – обечайка

Рисунок 1 – Общий вид ролика ленточного конвейера

В качестве исследуемых материалов для обечайки были выбраны углеродистая сталь Ст10, наиболее часто используемая при изготовлении обечайки и экспериментальный песчано-полимерный композит (ППК – 60 мас.% кварц), указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства материалов корпуса подшипникового узла

Показатель	Песчано-полимерный композит (ППК – 60 мас.% кварц)	Сталь Ст10 (ГОСТ 1050-2013)
Предел текучести, МПа	30	200
Предел прочности, МПа	80	325
Модуль упругости, ГПа	5	215
Коэффициент Пуассона	0,25	0,3
Плотность, кг/м ³	2200	7800

Для исследования нагрузочных характеристик обечайки роlikоопоры из ППК был выполнен статический анализ в АРМ FEM, включающий следующие этапы:

- создание 3D-модели роlikоопоры;
- задание физико-механических свойств деталям (таблица 1);
- выбор типа крепления. В данном случае для фиксации выбраны «Опора роlikоопоры» и «Зафиксированный шарнир»;
- задание нагрузки.

Давление сыпучего груза на горизонтальный участок ленты можно рассчитать, как гидростатическое, тогда нормальное усилие, приложенное к этому участку равно [1-3].

$$N = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_p \cdot p \left[2 \cdot l_r \cdot \sin \alpha + \left(b - \frac{l_p^2}{12 \cdot b_c} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi_H \right], \quad (2)$$

где l_{on} – расстояние между роlikоопорами;

$l_p = K_p \cdot B$ – ширина ленты конвейера;

$K_p = 0,39$ – коэффициент пропорциональности;

B – ширина ленты конвейера;

φ_H – угол насыпки груза или угол естественного откоса в движении на ленте зависит от φ – угла естественного откоса для состояния покоя.

Результаты статического расчета представлены в виде эпюр на рисунках 2 - 5.

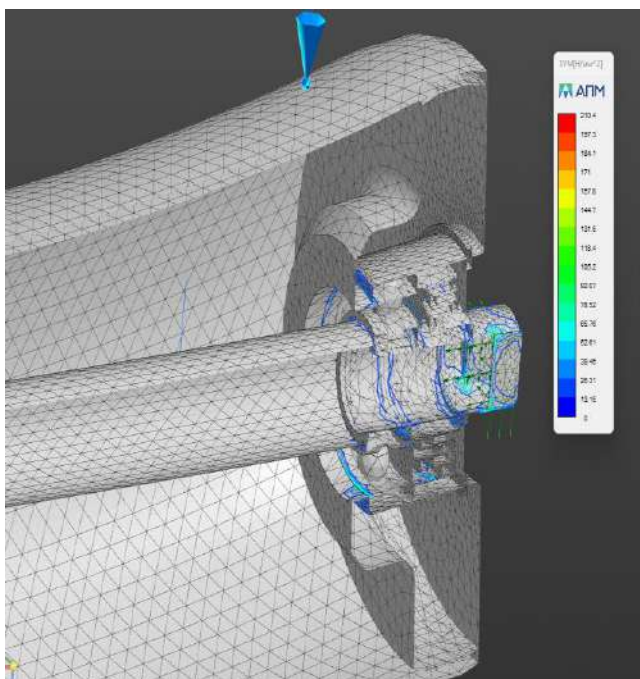


Рисунок 2 – Эквивалентное напряжение по Мизесу для обечайки из ППК

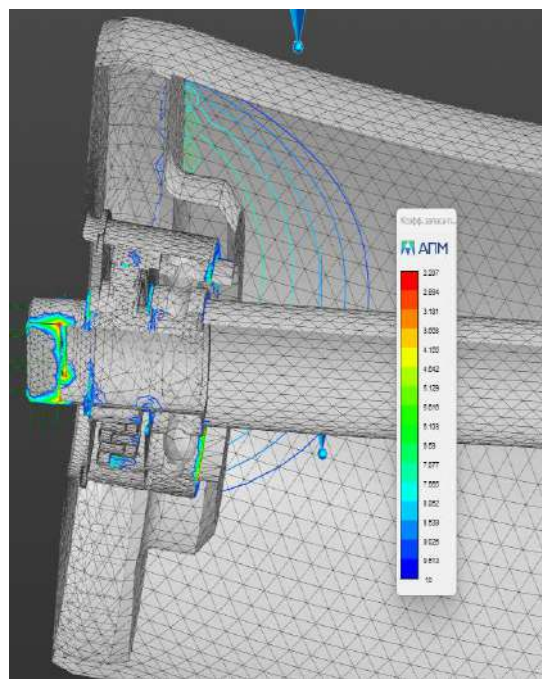


Рисунок 3 – Коэффициент запаса по пределу текучести для обечайки из ППК

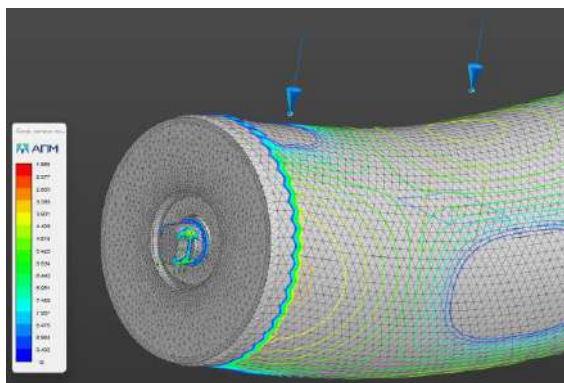


Рисунок 4 – Коэффициент запаса по усталостной прочности для обечайки из ППК

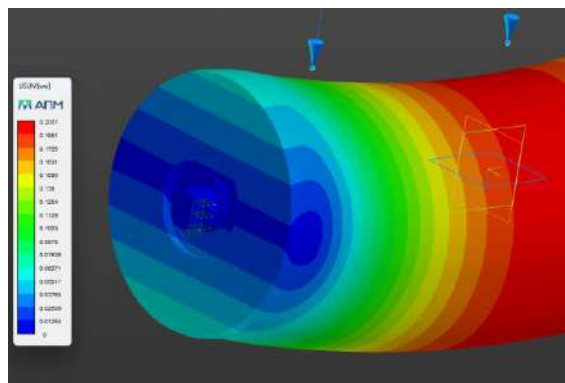


Рисунок 5 – Суммарное линейное перемещение для обечайки из ППК

Анализ рисунков позволяет отметить следующее:

- максимальная величина перемещений в месте приложения нагрузки составила 0,1645 мм (рисунок 5);
- полученные напряжения в детали не превышают предела текучести материала, равного 30 МПа;
- максимальные напряжения сконцентрированы на валу и составляют 7,3 МПа (рисунок 2);
- минимальный коэффициент запаса прочности из полимера $k_3 = 4,503$ (рисунок 4);

Для сравнения характеристик расчет произведен для обечайки роlikоопоры, изготовленного из стали Ст10. Результаты сравнения прочностных характеристик и массы корпуса подшипникового узла из ППК и Ст10 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочностные характеристики обечайки роlikоопорные из разных материалов

Характеристика	ППК	Ст10
Максимальные перемещения, мм	0,1645	0,01283
Максимальные напряжения, МПа	7,3	3,2
Коэффициент запаса прочности	3,216	9,6
Масса, кг	1,73	6,185

Из таблицы 2 видно, что коэффициент запаса прочности сохраняется для обечайки как из стали, так из ППК. При этом коэффициент запаса прочности выше норматива для обечайки из песчанно-полимерного композита в 3,2 раза, а коэффициент запаса прочности обечайки из стали в 9,6 раза.

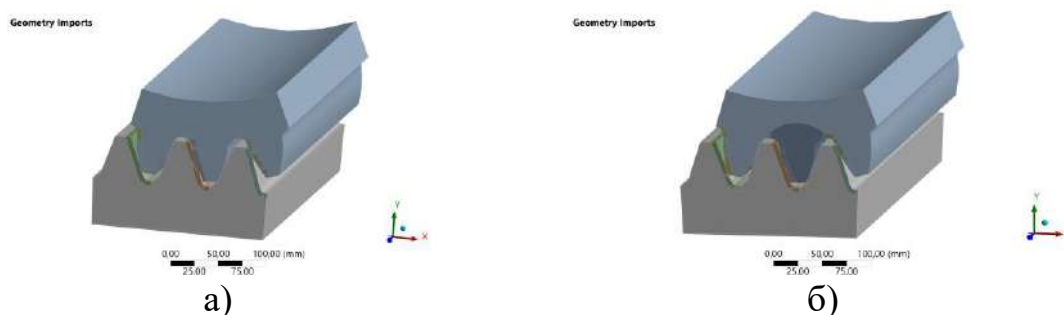
Список использованной литературы:

1. Каменских, С.Ф. Проектирование и расчет ленточного конвейера: учебно-методическое пособие. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2020. - 74 с.

ҚАЛПЫНА КЕЛТІРІЛГЕН ТІСТІҢ ЖАНАСУ ЖӘНЕ ИЛУ КЕРНЕУЛЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ: АНАЛИТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ ТӘСІЛ

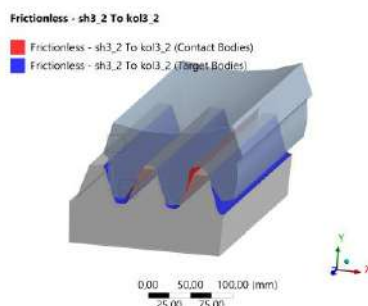
Тісті берілістер көптеген механикалық жүйелердің негізгі элементтері болып табылады. Тістердің тозуы кезінде оларды қалпына келтірудің кең таралған әдістерінің бірі – электрқожды балқыту. Алайда, бұл әдіс тіс профилінің геометриясы мен материал құрылымын өзгертетіндіктен, әсіресе жанасу аймағында және түбінде кернеу күйіне әсер етуі мүмкін.

Осы жұмыста электрқожды балқыту әдісімен қалпына келтірілген тістің кернеу күйі талданды. Зерттеу ANSYS WB бағдарламалық ортасында тісті ілінісудің үш өлшемді моделіне сандық модельдеу әдісі арқылы жүргізілді. Тістер арасындағы жанасу үйкеліссіз (Frictionless) ретінде модельденді.



1-сурет - 1 Тісті жұптың үш өлшемді моделі:
а) бүтін тістермен; б) балқытылған тіспен

Тісті берілістің (үстіңгі бет) және дөңгелектің тістерінің (жанасу беті) профилдері арасындағы ілінісуді модельдеу үшін үйкеліссіз жанасу (Frictionless) бапталды (2-сурет).

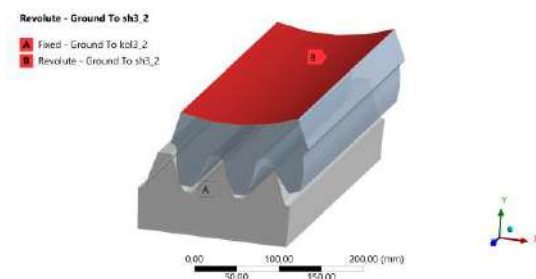


2-сурет – Тісті беріліс пен дөңгелек тістерінің жанасу аймағы

Шекаралық шарттар келесі түрде берілді:

— беріліс мойынтіректермен бір жазықтықта айналу еркіндігі бар шарнир арқылы қосылған;

— дөңгелек толықтай бекітілген (қысылған), 3-суретте көрсетілгендей.



3-сурет – Беріліс пен дөңгелектің тірелу аймақтары

Жоғары кернеулер байқалатын аймақтарда — жұмысшы профильдерде және түбінде — есептеу дәлдігін арттыру үшін тор тығыздатылды (4-сурет).



4-сурет – Тісті жұптың соңғы элементтік торы:

а) бүтін тістермен; б) қапталған тіспен

Сыртқы күш ретінде тісті беріліске есептелген айналу моменті қолданылып, ауырлық күші де ескерілді. Жанасу есебінің сызықтық емес сипатына байланысты қадам мен ішкі қадамдар дәлдікпен бапталып, есептеудің шоғырлануы қамтамасыз етілді.

Сандық модельдеу нәтижелері көрсеткендей, жанасу кернеулері аналитикалық мәндерден 4%-дан кем, ал иілу кернеулері 2,6%-ға ғана айырмашылық көрсетті, бұл модельдің дәлдігін растайды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

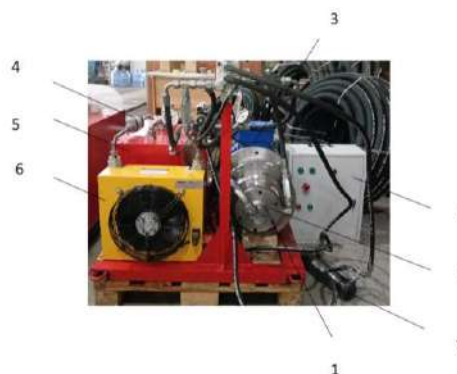
1. Букина, В. И., & Кузнецов, В. П. Восстановление зубчатых колес электрошлаковой наплавкой и оценка их прочности. — Металлообработка, 2015.
2. Г. Н. Волков, В. П. Гурьев. Теория зубчатых передач и методы их расчёта. — Машиностроение, 2014.

ОЦЕНКА РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИИ МНОГОШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

Для проведения испытаний и определения выходных характеристик многостеренного насоса (рисунок 2а) компанией КФ ТОО «Ганза-Флекс Гидравлик Алматы» в рамках выполнения грантовой темы был разработан лабораторный экспериментальный стенд (рисунок 2б).



а)



б)

1 – опытный образец многостеренного насоса; 2 – частотный преобразователь; 3 – электродвигатель; 4 - расходомер; 5 - гидробак; 6 – маслоохладитель; 7 – гидравлическая трансмиссия

Рисунок 2 – Экспериментальный стенд

При создании конструкций шестеренных насосов важным этапом является проведение эксперимента по определению его рабочих характеристик.

Для анализа полученных экспериментальных данных все результаты представлены графически.

На рисунке 1 показаны характеристики насоса при варьировании частотой вращения вала с 300 до 1450 об/мин при давлении настройки $P_{кл} = 26$ МПа и коэффициента кинематической вязкости 45 сСт.

Анализ графиков показывает, что с увеличением частоты вращения все параметры насоса линейно возрастают. Основным интерес представляет объемный КПД, с помощью которого оценивают величину утечек жидкости [1]. В диапазоне частот вращения 1000 ÷ 1450 об/мин величина КПД имеет достаточно высокие значения 0,7 – 0,88. Снижение частоты вращения вала

приводит к увеличению утечек [2], КПД снижается до 0.3, давление, нагнетаемое насосом, падает до 9 МПа

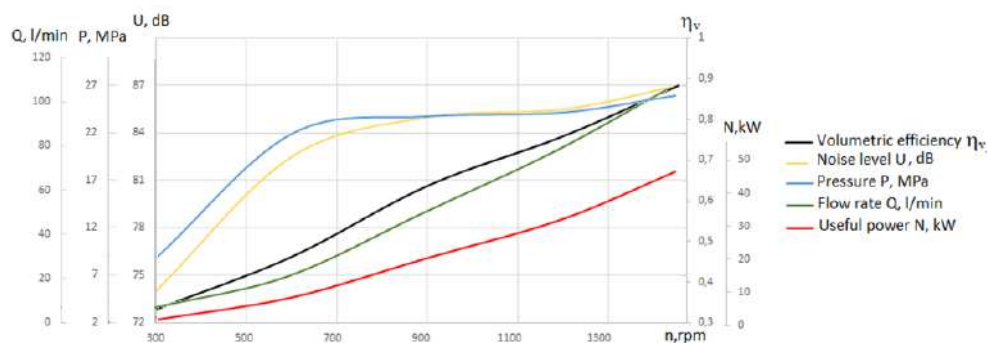


Рисунок 1 - Выходные характеристики насоса в зависимости от частоты вращения при коэффициенте кинематической вязкости жидкости $\nu = 45$ сСт

Выходные характеристики насоса при снижении коэффициента кинематической вязкости до 15 сСт из-за нагрева жидкости до 40 °С представлены графически на рисунке 2.

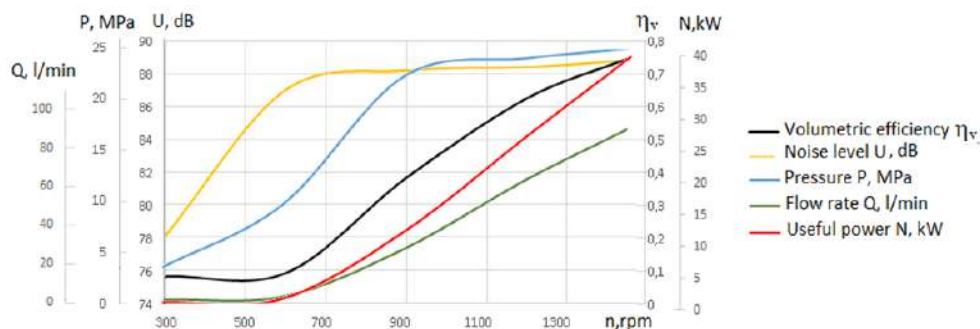


Рисунок 2 - Выходные характеристики насоса в зависимости от частоты вращения при коэффициенте кинематической вязкости жидкости $\nu = 15$ сСт

Снижение коэффициента кинематической вязкости приводит к общему снижению всех характеристик примерно на 15-20%, кроме уровня шума, значение которого повысилось на 2 дБ по сравнению с первым опытом.

Список использованной литературы:

2. Сазонов Ю.А., Франков М.А., Иванов Д.Ю. Расчет и конструирование объёмного насоса. – М: РГУНГ, 2017. – 95 с.

3. Аистова И.П., Свищёв А.В. Шестеренные насосы для гидрофицированных машин и нефтехимических производств // Системы. Методы. Технологии, 2014 № 3 (23), с. 149-152

ІРІ МОДУЛЬДІ ТІСТІ ДОҢҒАЛАҚТАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ

Машина жасау саласында тісті доңғалақтар – күш пен қозғалысты берудің негізгі элементтерінің бірі. Әсіресе, ауыр өнеркәсіп, теміржол, тау-кен және энергетика салаларында қолданылатын ірі модульді тісті доңғалақтардың сапасы бүкіл механизмнің жұмысына тікелей әсер етеді. Ірі модульді тісті доңғалақтар – модуль көрсеткіші 10 мм және одан жоғары болатын, үлкен күштерді тасымалдауға арналған берік механизмдер. Мұндай тетіктердің өлшем дәлдігін қамтамасыз ету, өндіріс кезінде бақылау және кейінгі техникалық қызмет көрсету – маңызды ғылыми-техникалық мәселе болып табылады.

Машина жасау өнеркәсібінде тісті доңғалақтар — күш пен айналмалы қозғалысты беруге арналған негізгі элементтердің бірі болып саналады. Олар түрлі механизмдер мен агрегаттардың сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Әсіресе, ауыр жүктемелерге, жоғары моментке және күрделі жұмыс жағдайларына ұшырайтын ірі модульді тісті доңғалақтар ерекше назар аударуды талап етеді. Мұндай доңғалақтар көбіне тау-кен өнеркәсібінде, металлургияда, энергия өндіру қондырғыларында, цемент зауыттарында және ауыр жүк көтергіш машиналарда қолданылады.

Ірі модульді тісті доңғалақтар — бұл модулі 10 мм және одан да жоғары болатын, үлкен диаметрлі және көп тісті берілістер. Олардың басты ерекшелігі — аса жоғары жүктемелерді қабылдай алуы және ұзақ мерзімді жұмыс істеуге бейімделуі. Бірақ бұл артықшылықтар оларды жасау мен бақылау процесінде аса жоғары дәлдік пен сапаны талап етеді. Өндірістік ақаулар, монтаж қателіктері немесе геометриялық сәйкессіздік тісті доңғалақтың қызмет ету мерзімін едәуір қысқартып, бүкіл техникалық жүйенің істен шығуына әкелуі мүмкін.

Осыған байланысты ірі модульді тісті доңғалақтардың геометриялық параметрлерін дәл әрі сенімді өлшеу — маңызды міндет. Бұл параметрлерге тіс модулі, тістердің биіктігі мен аралығы, профильдің формасы, айналмалы беттердің дәлдігі, эксцентриситет және басқа да сипаттамалар жатады. Тісті доңғалақтардың геометриялық дәлдігі олардың үйкеліс деңгейіне, тозу жылдамдығына, шу мен дірілге, сондай-ақ жалпы энергетикалық тиімділікке әсер етеді.

Осы мақалада ірі модульді тісті доңғалақтардың негізгі параметрлерін өлшеу әдістері қарастырылып, олардың ерекшеліктері мен қолдану салаларына байланысты тиімділігі талданады.

Негізгі параметрлер

Ірі модульді тісті доңғалақтардың келесі негізгі геометриялық параметрлері өлшенеді:

- Модуль (m) – тістің өлшемін сипаттайтын негізгі көрсеткіш;
- Бұрыштық қадам – тістер арасындағы бұрыштық арақашықтық;
- Бөлу диаметрі (d) – тістің әрекет ететін диаметрі;
- Тіс биіктігі – негізгі, толық және бас биіктігі;
- Тістер профилінің қателігі – тістің нақты пішіні мен идеал инволюта арасындағы айырмашылық;
- Тісті беттердің кедір-бұдырлығы – үйкеліс пен тозуға әсер етеді;
- Эксицентрлік ауытқулар – айналу орталығы мен нақты осьтің арасындағы ығысу.

Өлшеу әдістері

Ультрадыбыстық және оптикалық өлшеу

Қазіргі заманда байланыссыз (контактсыз) өлшеу әдістері кеңінен қолданылады. Оларға:

- Лазерлік сканерлеу
- Оптикалық 3D-сканерлер
- Фотограмметрия

Бұл әдістердің артықшылықтары – жоғары дәлдік, жылдамдық және адам факторына тәуелділіктің төмендігі. Алайда мұндай жабдықтар қымбат және білікті операторды талап етеді.

Координаттық-өлшеуші машиналар (КӨМ)

Бұл – дәлдігі жоғары, көпфункционалы автоматтандырылған өлшеу жүйесі. Координаттық өлшеу машинасы (Coordinate Measuring Machine, CMM) тісті доңғалақтың барлық беттерін 3D форматта сканерлеп, арнайы бағдарламалық қамтылым арқылы талдау жүргізеді.

Артықшылықтары:

- Профильдік қателіктерді нақты анықтау;
- Үлкен тетіктермен жұмыс істеу мүмкіндігі;
- Автоматтандырылған талдау.

Кемшілігі – жабдық құны және күрделі бағдарламалық баптау қажеттілігі.

Арнайы тіс өлшеу станоктары

Мұндай станоктар ірі модульді тісті доңғалақтарға бейімделген және автоматты түрде келесі параметрлерді өлшей алады:

- Профиль қателігі
- Тіс бағыты (тіс қисықтығы)
- Қадам қателігі

Кейбір станоктар тістердің үйкеліс жағдайын да модельдей алады. Бұл әдіс көбіне зауыттар мен зертханаларда қолданылады.

Ірі модульді тісті доңғалақтар – ауыр өнеркәсіптің ажырамас бөлігі ретінде ерекше дәлдік пен сенімділікті қажет ететін маңызды тетіктердің бірі. Олардың параметрлерін өлшеу — тек сапа бақылауы ғана емес, сонымен қатар бүкіл механизмнің қауіпсіз әрі тиімді жұмыс істеуінің кепілі.

Мақалада қарастырылған өлшеу әдістері – дәстүрлі механикалық құралдардан бастап, заманауи координаттық өлшеу машиналары мен оптикалық сканерлеу жүйелеріне дейін – әрқайсысы өз артықшылықтары мен шектеулеріне ие. Қарапайым және арзан контактты әдістер жөндеу шеберханаларында немесе далалық жағдайда тиімді болса, жоғары дәлдікті қажет ететін өндірістік және ғылыми зертханаларда автоматтандырылған, жоғары технологиялы жүйелер тиімдірек саналады.

Тісті доңғалақтардың геометриялық параметрлерінің дәлдігін қамтамасыз ету келесі маңызды нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді:

- механизмнің қызмет ету мерзімін ұзарту;
- энергия шығынын азайту;
- шуды және дірілді төмендету;
- техникалық қызмет көрсету жиілігін азайту;
- өндірістік ақауларды ерте кезеңде анықтау.

Қорыта айтқанда, ірі модульді тісті доңғалақтардың өлшемдерін нақты және уақтылы өлшеу – сенімді техника жасаудың, өнімнің сапасын арттырудың және өндірістік шығындарды азайтудың маңызды факторы. Бұл саладағы үздіксіз жетілдіру жұмыстары отандық машина жасау өндірісінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруда үлкен рөл атқарады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Қасымов, С. Б., & Ахметов, Н. Т. (2017). Машина жасау технологиясы. Алматы: Эверо баспасы.
2. ГОСТ 1643-81. Тісті дөңгелектер. Профиль дәлдігін анықтау әдістері.
3. Иванов, В. М., & Петров, А. Л. (2016). Зубчатые передачи: теория и практика измерений. Москва: Машиностроение.
4. Dudley, D. W. (2002). Handbook of Practical Gear Design. CRC Press.
5. Есмурзин, Е. А. (2015). Машина бөлшектерін жобалау және есептеу. Қарағанды: ҚарМТУ баспасы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОТОКА И ГИДРОУДАРНОГО МЕХАНИЗМА (ГУМ) С СОВМЕЩЁННЫМ ОРГАНОМ УПРАВЛЕНИЯ

ГУМ с совмещённым органом управления имеет принципиальные отличительные особенности [1].

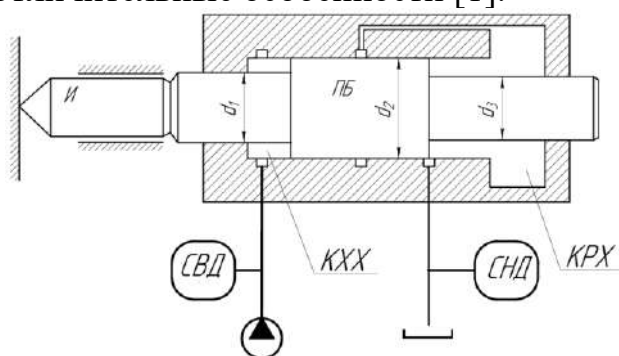


Рисунок 1 – Конструктивная схема
 ГУМ

В статье [2] была проведена оптимизация рабочего цикла и определены основные параметры идеального рабочего цикла. В рассматриваемой схеме (рисунок 1), камера холостого хода (КХХ) неуправляемая и постоянно соединена через стабилизатор высокого давления (СВД) с насосной линией и в течении всего рабочего цикла, генерирует управляющее воздействие R_{xx} . Фаза холостого хода (хх) протекает под действием силы R_{xx} и R_{px} (линия 1-2), поршень боёк (ПБ) совершает фазовую траекторию 1-2 (рисунок 2, в).

В конце хх передняя управляющая кромка ПБ соединяет КРХ с СВД и происходит фаза «впуск» (линия 2-3), давление в КРХ повышается с p_2 до p_3 , а управляющая сила КРХ с R_2 до R_3 . Под действием силы R_{px} (линия 3-4) и силы противодействия R_{xx} происходит фаза рабочего хода (линия 3-4 рисунок 2, а, б, в) заканчивающиеся ударом по инструменту. В момент удара ПБ задней управляющей кромкой соединяет КРХ со стабилизатором низкого давления (СНД) и происходит фаза «выпуск» (линия 4-1). Фазовое

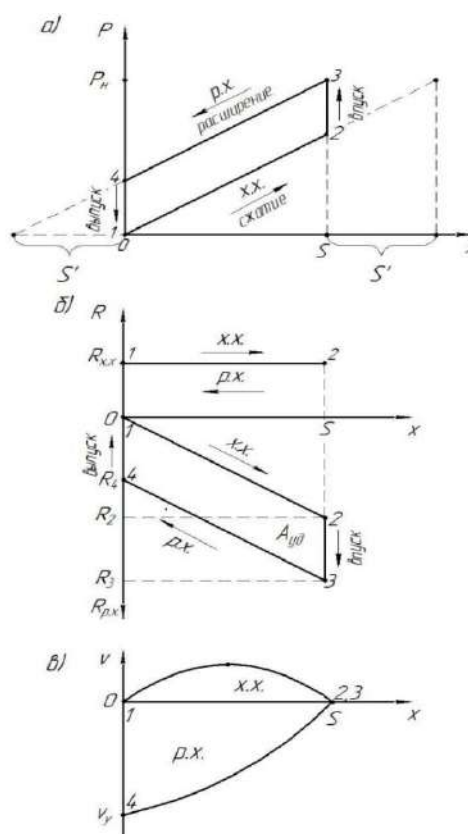
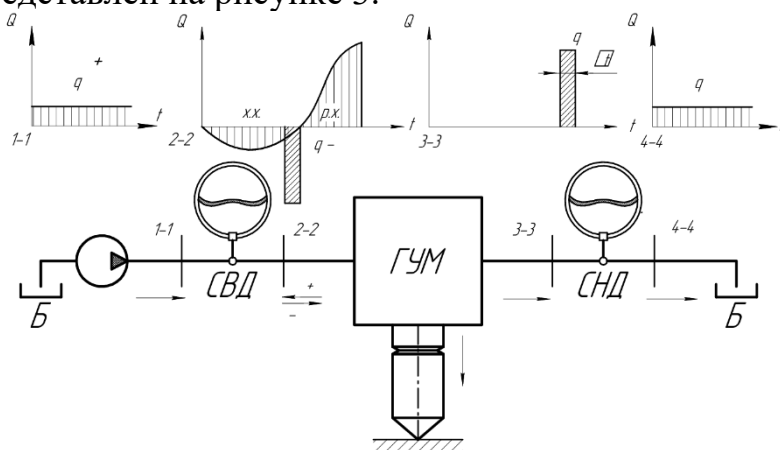


Рисунок 2 – Индикаторная
 диаграмма КРХ (а), фазовое
 управление (б) и фазовый
 портрет рабочего цикла (в)

управление в КРХ понижается с R4 до R1 (линия 4-1) и рабочий цикл повторяется. Все фазы рабочего цикла ГУМ за исключением фаз «впуск» и «выпуск» исследованы и оптимизированы с позиции эффективности энергопреобразования и представлены в виде параметров эталонной модели ГУМ. Процессы «впуска» и «выпуска» рабочей жидкости из КРХ идентичны и происходят при одинаковых перепадах давления $\Delta p = 0,4p_3$.

Полный цикл энергопреобразования во всей системе импульсивного гидропривода представлен на рисунке 3.



q - объём жидкости, впускаемый и выпускаемый ГУМ за один цикл; для идеального цикла $q = 1,67 \frac{A}{p}$; $Q_n = \frac{q}{T} = 1,67 \frac{A}{p \cdot T}$.

Рисунок 3 – Схема распределения энергии жидкости

Задачей СВД является обеспечить импульсное потребление энергии и стабилизации потока в напорной гидролинии в соответствии с графиком сечения 1-1. Задачей СНД является принятие импульсного потока при выпуске жидкости и стабилизации потока в сливной гидролинии в соответствии с графиком сечения 4-4. В сечении 2-2 графиков потоков определяется взаимодействием КХХ с СВД в фазах х.х. (-), р.х. (+) и фазу «выпуск» (-) в КРХ в конце х.х. В сечении 3-3 графиков потоков между ГУМ и СНД – фазы «выпуск» и «выпуск» высокочастотные быстротечные процессы ($t_{вп} = t_{вып} \ll T$) представляющие истечение жидкости при переменном потоке ($\Delta p = 0,4 \cdot (P_n \div 0)$) описывается системой из двух дифференциальных уравнений [1]

$$\begin{cases} \int_0^t Q dt = \mu \cdot h^2 \sqrt{\frac{2}{\rho}} \int_0^t \sqrt{\Delta p(t)} dt \\ \Delta p(t) = 0,4p_3 - 0,24 \frac{p_n^2}{A} \cdot \int_0^t Q dt \end{cases},$$

где P_n – начальное давление;

q – объём жидкости за цикл;

h – ширина кольцевой распределительной щели;

μ – коэффициент расхода.

Данные, полученные в результате расчёта системы уравнений [1], с применением программы Excel для ГУМ с $A = 100 \text{ Дж}$, $f = 50 \text{ Гц}$; $P_n = 20 \text{ МПа}$ и конструктивной ширине кольцевой щели $h = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, приведены в виде графиков.

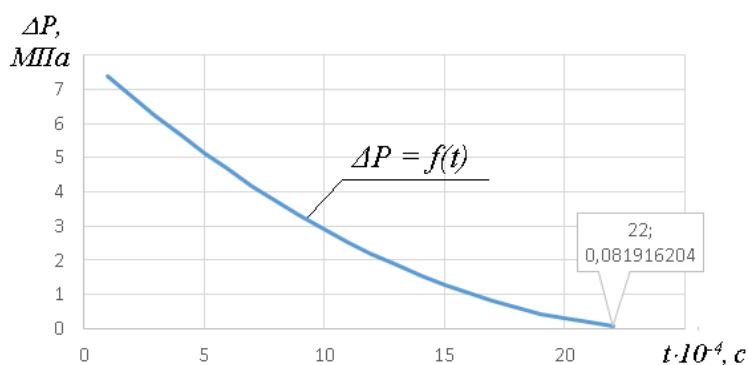


Рисунок 1 – График изменения перепада давления $\Delta P = f(t)$

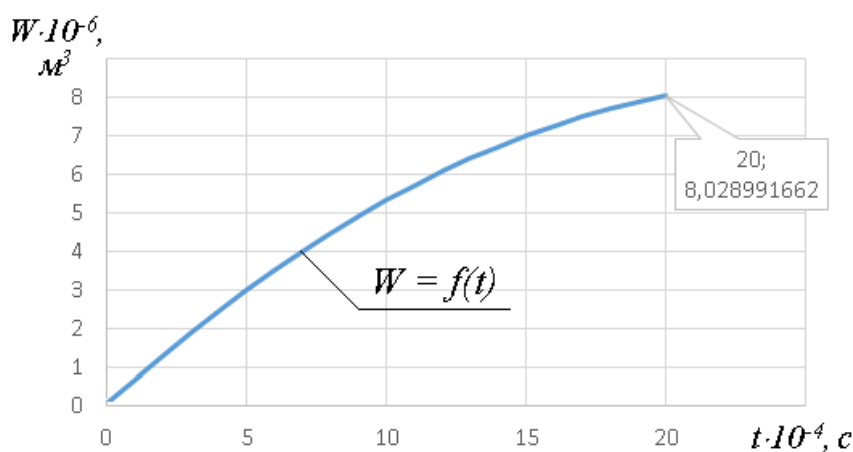


Рисунок 2 – График изменения впускаемого и выпускаемого объема жидкости $W = f(t)$

График $W = f(t)$ совместно с фазовым портретом для известных значений энергии удара A , времени рабочего цикла T , давления рабочей жидкости P_n даёт полную информацию для определения параметров СВД и СНД, обеспечивающих допустимую стабилизацию потоков.

Список использованной литературы

1. Reshetnikova O.S., Kyzzyrov K.B., Yurchenko V.V. Structural synthesis of hydraulic impact mechanisms with a combined control body // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2024. - №1. – P. 201-217.
2. Решетникова О.С., Кызыров К.Б., Жетесова Г.С., Юрченко В.В., Жаркевич О.М., Ашимбаев Д.А. Оптимизация рабочего цикла гидравлического ударного механизма с совмещенным органом управления. - Горный журнал, 2025. - №2. – С. 93-99.

ЖАНАСЫТЫН БЕТТЕРІ БАР БӨЛШЕКТЕРДІ ЖАСАУ КЕЗІНДЕ АДДИТИВТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ

XXI ғасырдағы өндірістік технологиялардың дамуы дәстүрлі өңдеу әдістерінен аддитивтік өндіріс технологияларына қарай бет бұруда. Бұл үрдіс өндірістік тиімділікті арттырумен қатар, өнім сапасын да жоғарылатуға бағытталған. Аддитивтік технологиялар - бұл компьютерлік модель негізінде материалды қабат-қабатпен қосу арқылы күрделі бөлшектерді жасау әдісі. Бұл тәсіл әсіресе күрделі геометриялы және ішкі құрылымы бар бөлшектерді жасауға өте тиімді.

Машина жасау, авиация, ғарыш, медицина, энергетика сияқты жоғары талаптар қойылатын салаларда жанасатын беттері бар бөлшектер ерекше орын алады. Жанасатын беттер - бұл жұмыс кезінде бір-бірімен қозғалысқа немесе қысымға түсетін беттер. Олар үйкеліс, тозу, жылу берілу және деформация секілді факторларға жоғары төзімді болуы тиіс. Мұндай бөлшектерге қойылатын талаптар - жоғары дәлдік, тегіс бет сапасы, механикалық беріктік және сенімділік.

Осы мақалада аддитивтік технологиялардың, әсіресе селективті лазерлік балқыту (SLM), электрон-сәулелік балқыту (EBM), және басқа да әдістердің жанасатын беттері бар бөлшектерді өндірудегі рөлі мен мүмкіндіктеріне шолу жасалады.

Селективті лазерлік балқыту (SLM).

Селективті лазерлік балқыту (SLM) процесі күрделі құрылымдар мен компоненттерді үшөлшемді CAD-модельдер негізінде жасау үшін қолданылады. SLM технологиясы, біріншіден, дайын бөлшектерді тікелей өндіруге мүмкіндік береді, екіншіден, шағын сериялы өнімдер өндірісінде экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады.

Мыс пен оның негізіндегі қорытпалар жоғары жылу өткізгіштік пен электр өткізгіштік қасиеттерінің арқасында өндірушілер үшін үлкен қызығушылық тудырады. Алайда, бұл материалдардың лазерлік сәулеленуді нашар сіңіруі және жылу өткізгіштігінің жоғары болуы салдарынан, тұрақты әрі тығыз құрылым алу үшін тәжірибе жүзінде толқын ұзындығы $\Delta\lambda = 1-10$ мкм аралығындағы қуатты лазерлік көздерді пайдалану және сәуле сканерлеу жылдамдығын төмен деңгейде ұстау қажет. Бұйымдарды қалыптастыру кезінде жеке балқытылған іздердің түзілуінде қиындықтар туындайды, бұл өз кезегінде сапалы бұйымның өсу мүмкіндігін айтарлықтай шектейді [1].

Электрон-сәулелік балқыту (EBM).

Электрон-сәулелік балқыту (EBM) - металдан жасалған бұйымдарды аддитивтік тәсілмен өндіруге арналған әдіс. Бұл технологияның ерекшелігі - энергия көзі ретінде лазердің орнына электронды сәуле көздері (т.с.с. электрондық зеңбіректер) қолданылуы.

Технологияның негізінде жоғары қуатты электрон сәулесінің вакуумдық камерада металл ұнтағын балқытып, қабаттап қосу арқылы цифрлық модель контурларына сәйкес бұйым қалыптастыру үрдісі жатыр.

SLM және DLMS сияқты басқа ұқсас 3D-баспа технологияларынан айырмашылығы - бұл әдісте дайын бөлшектің жоғары беріктігін қамтамасыз ету үшін қосымша термиялық өңдеу талап етілмейді. Сонымен қатар, электрон сәулесінің жоғары энергетикалық тығыздығының арқасында EBM әдісі әлдеқайда жылдам жұмыс істейді [2].

Binder Jetting

Binder Jetting (байланыстырғыш шашу) әдісінде ұнтақ материал қабатқа түсіріледі, содан кейін байланыстырғыш сұйықтық инжектор арқылы қажетті нүктелерге шашылады. Бұл технология бөлшекті тікелей қалыптастырмайды, алдымен «жасыл» күйінде дайындайды, кейін кептіру және күйдіру арқылы соңғы беріктікке жеткізіледі [3].

Binder Jetting әдісінде металмен аддитивтік басып шығару кезінде бастапқы материал ретінде әртүрлі типтегі және құрамдағы металл ұнтақтары мен полимерлік байланыстырғыш компонент қолданылады. Бұл әдіс дәстүрлі тәсілдермен жасау мүмкін емес, күрделі металл модельдерін дайындауға мүмкіндік береді. 3D-баспа арқылы кез келген пішіндегі және конфигурациядағы бөлшектің күрделі ішкі элементтері дайындалады.

Бөлшек жасалып болғаннан кейін, оған қажетті беріктік сипаттамаларын беру үшін өңдеуден кейін кезеңіне жіберіледі. Модель арнайы пешке салынып, белгіленген температурада ұсталады. Осылайша байланыстырғыш компонентті күйдіру және/немесе бөлшекті спекирлеу (тығыздау) арқылы алынған бұйымның қасиеттері тұтас металл бөлшектерден кем түспейді [4].

Жалпы алғанда, әрбір аддитивтік технология өзінің ерекшеліктеріне ие және оларды жанасатын беттері бар бөлшектерді жасау үшін қолдану кезінде материал түрі, конструкциялық күрделілік, дәлдік талаптары мен кейінгі өңдеу мүмкіндіктері ескерілуі тиіс. Аддитивтік әдістерді дұрыс таңдау арқылы өндірістің тиімділігі мен өнім сапасын арттыруға болады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Сапожников А.И., Дьяконов А.Г. Селективное лазерное спекание и плавление металлических порошков // Вестник машиностроения. – 2021. – №7. 45–50.
2. Кожеевников А.А., Кравченко А.Н., Бухаров И.А. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. – 304.
3. ASTM F2792-12a. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. – ASTM International, 2012.
4. Gibson I., Rosen D.W., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. – Springer, 2021. – 684.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГРУППЫ
РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ

В рамках исследования решена задачи оптимизации технологических параметров процесса формообразования группы резьбовых отверстий М12×1,5 -6Н (6 шт.), принадлежащих детали «Фланец» (рисунок 1), изготавливаемого из жаропрочной стали 14Х17Н2.

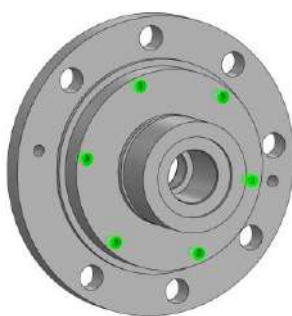


Рисунок 1 - Твёрдотельная модель детали «Фланец»

Граф допустимых вариантов технологических маршрутов формообразования исследуемой группы отверстий представлен на рисунке 2.

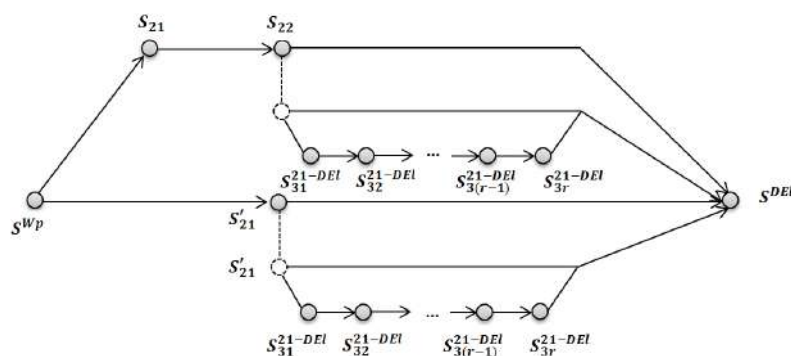


Рисунок 2 - Структурная иерархическая модель процесса обработки группы отверстий М12×1,5-6Н

В рамках действующего технологического процесса исследуемая группа резьбовых отверстий имеет следующие параметр технологического маршрута обработки:

$$(N_q^{DEl})^{TechPr} = 3 \Rightarrow (PrM_{q1}^{DEl})^{TechTr} = "Centering", (PrM_{q2}^{DEl})^{TechTr} = "Drilling \varnothing 8,6", \\ (PrM_{q3}^{DEl})^{TechTr} = "Tapping"$$

Действующий технологический маршрут обработки, характеризуется следующими значениями целевых показателей:

$$(T_{TRP}^{DEL})_q = 0,56; (OPEX_{TRP}^{DEL})_q = 0,1; (I_q^{DEL/GPr})^{TRP} = 0,126; (I_q^{DEL/TS})^{TMO} = 0,113.$$

Для исследуемой группы резьбовых отверстий определена следующая задача оптимизации: снижение трудоемкости реализации процесса формообразования группы резьбовых отверстий в пределах 15 %, при этом снижение точности и качество поверхности не более чем 20%.

Согласно графу процесса формообразования исследуемой группы резьбовых отверстий (рисунок 3) на первом уровне параметры управления имеют следующие диапазоны значений:

$$\begin{aligned} (N_q^{DEL})^{TechPr} &= \{2,3\} \\ (N_q^{DEL})^{TechPr} = 2 &\Rightarrow (PrM_{q1}^{DEL})^{TechTr} = \{"Three - flute drilling"\}, (PrM_{q2}^{KЭ})^{TechTr} = \{"Tapping", "Thread milling"\} \\ (N_q^{DEL})^{TechPr} = 3 &\Rightarrow (PrM_{q1}^{DEL})^{TechTr} = \{"Centering"\}, (PrM_{q2}^{KЭ})^{TechTr} = \{"Drilling \varnothing 8,6"\}, (PrM_{q3}^{DEL})^{TechTr} = \{"Tapping", "Thread milling"\} \end{aligned}$$

В рамках первого уровня управления определена стратегия оптимизации: $(T_{TMO}^{DEL})_{qn}^{av} = \min.$

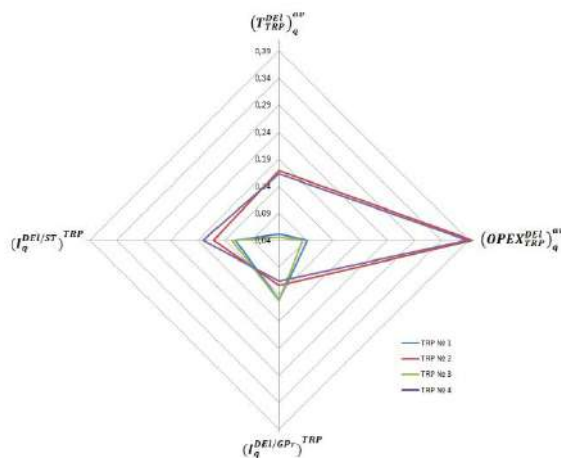


Рисунок 3 - График зависимости целевых показателей в рамках первого уровня управления

Таким образом, в соответствие с графиком, представленном на рисунке 7, оптимальным технологическим маршрутом формообразования группы резьбовых отверстий является технологический маршрут TRP № 3, характеризующийся следующими параметрами:

$$\begin{aligned} (F_{DEL}^{TRP})_3 &= \{0.46, 8.28, 0.152, 0.128\} \\ (U_{TRP}^{DEL})_3 &= \{2, \{"Three - flute drilling", "Tapping"\}\} \end{aligned}$$

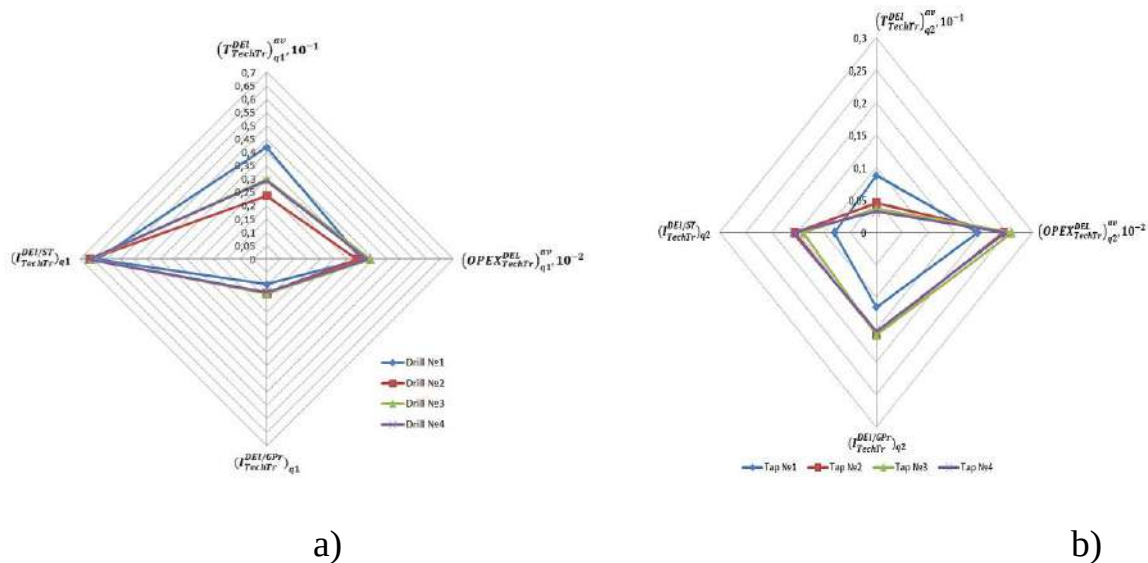
В рамках второго уровня управления определено количество рабочих ходов и уточнены диапазоны варьирования параметров обработки. Для

выбранного технологического маршрута формообразования конструкторского элемента параметр управления $(N_{qm}^{DEL})^{WSt}$ имеет следующие значения: $(N_{q1}^{DEL})^{WSt} = 1$, $(N_{q2}^{DEL})^{WSt} = 1$. В рамках второго уровня управления определены следующие стратегии оптимизации: $(T_{TechTr}^{DEL})_{q1}^{cp} = \min$, $(I_{TechTr}^{DEL/GPr})_{qm} = \min$.

На втором уровне параметры управления имеют следующие допустимые значения:

$$\begin{aligned} (N_{q1}^{DEL})^{WSt} &= \{1\}; (N_{q2}^{DEL})^{WSt} = \{1\} \\ (s_{q1}^{DEL})^{av} &= \{0.09, 0.095, 0.105, 0.11\}, (s_{q2}^{DEL})^{av} = \{1, 5\} \\ (v_{q1}^{DEL})^{av} &= \{36.5, 39.7, 41.2, 42.5\}, (v_{q2}^{DEL})^{av} = \{10, 12, 15, 17\} \end{aligned}$$

Таким образом, согласно графикам 8 оптимальными вариантами режущего инструмента для технологических переходов 1 и 2 являются Drill №2 и Tap №1 соответственно (рисунок 4). Установлены следующие диапазоны варьирования режимов резания: $s_{q1}^{DEL} \in [0.09; 0.13]$, $v_{q1}^{DEL} \in [35; 50]$; $s_{q2}^{DEL} = 1.5$; $v_{q2}^{DEL} \in [1; 2]$.



а) сверление отверстия трехперым сверлом; б) нарезание резьбы метчиком
Рисунок 4 - Графики зависимости целевых показателей в рамках второго уровня управления

Список использованной литературы:

1. Hussong M., Ruediger-Flore, P., Klar M., Kloft M., Aurich, J.C. Selection of manufacturing processes using graph neural networks *Journal of Manufacturing Systems*, 2025, 80, 176-193, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2025.02.016>.
2. Caki A., Akin Ö., Deniz H.F. et al. Enabling real time big data solutions for manufacturing at scale. *J Big Dat*, 2022, 9, 118 <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00672-6>

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ ЦЕПНЫХ МУФТАХ

В настоящее время в Казахстане, активно внедряются передовые решения в различных отраслях промышленности, уделяется особое внимание инновационным технологиям в области механических приводов. Одним из ключевых направлений развития являются цепные передачи, применяемые в конструкциях цепных муфт (рисунок 1).



Рисунок 1 - Цепная муфта

Современные технологии позволяют значительно повысить надёжность, износостойкость и эффективность таких узлов, что особенно актуально для машиностроения, металлургии, горнодобывающей промышленности и энергетики.

Одним из перспективных направлений является применение высокопрочных и легированных сталей с оптимизированной термической и химико-термической обработкой. Такие материалы обеспечивают повышенную стойкость к износу и коррозии, что особенно важно при работе в агрессивных средах и условиях высоких нагрузок. Использование новых типов сталей, упрочнённых с помощью лазерной обработки и плазменного азотирования, способствует увеличению ресурса муфтовых цепей и снижению затрат на техническое обслуживание.

Проведя анализ было выявлено, что использование цифровых технологий в конструкцию цепных передач открывает новые возможности для диагностики и прогнозирования состояния оборудования. В современных цепных муфтах внедряются датчики вибрации, температуры и износа, данные с которых поступают в системы предиктивного обслуживания. Такие решения позволяют в реальном времени оценивать техническое состояние узлов и предотвращать аварийные остановки, снижая тем самым простой оборудования и повышая общую эффективность производства.

Использование наноструктурированных покрытий и высокоэффективных смазочных материалов, снижает трение и износ в цепных передачах. В настоящее время проводится исследование по созданию сухих плёнок и покрытий на основе твёрдых смазок, таких как дисульфид молибдена и нитрид бора, обладающих отличными эксплуатационными характеристиками даже при высоких температурах и в условиях отсутствия регулярного обслуживания. Для валидации результатов эксперимента предлагается использовать возможности 3D-печати из металлических порошков, которая позволяет создавать сложные формы элементов цепных муфт с высокой точностью и снижением веса конструкции. Применяя технологии прямого лазерного наплавления и селективного лазерного спекания, возможно производить комплектующие с уникальными свойствами и повышенной прочностью.

Использование инновационных технологий при изготовлении цепных муфт позволяет расширить круг применения муфт, обеспечивая требуемую точность, надежность и долговечности оборудованию во многих отраслях промышленности в Республики Казахстан. Благодаря использованию новых конструкционных материалов, цифровых решений и нанотехнологий, удалось добиться значительного увеличения срока службы оборудования, уменьшения простоев и снижения эксплуатационных расходов. Таким образом, внедрение инновационных технологий в сферу цепных передач и муфт способствует модернизации промышленного производства Казахстана.

Список использованных источников

1. Абдуллин, А. Т., & Сагындыков, К. Б. (2021). *Современные технологии обработки и упрочнения деталей машин*. Алматы: КазНТУ.
2. Герасимов, В. Г., & Седов, В. В. (2020). *Механические передачи: цепные, зубчатые и ременные. Конструкция и расчет*. Москва: Машиностроение.
3. Касымов, Е. Ж. (2019). *Инновации в машиностроении Казахстана: состояние и перспективы*. Вестник НАН РК, №3(379), 42–50.
4. Курмашев, А. С., & Таскалиева, Ж. А. (2022). *Использование наноструктурированных покрытий в механических узлах трения*. Труды КазНТУ, №2, 55–61.

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС

ҚҰРЫЛЫМДЫҚ- КОНСТРУКТИВТІК СЫЗБА

Конструктивтік сызу академиялық сызу пәнінің бөлімі- құрылыс сызықтарының көмегімен жасалған көрінетін және көрінбейтін заттардың сыртқы контурларын салу.

«Сызба дегеніміз не?» деп сұрағанда ойыңызға бірінші не келеді? «Бұл бейнелеу өнерінің барлық түрлерінің негізі». Сурет салу бойынша көптеген оқу басылымдары қарапайым және қосымша түсініктемесіз басталады. Өйткені түсіндіру үшін бейнелеу өнерінің барлық түрлерінің негіздеріне үңілу, олардың құрылысын түсіну, оның қандай үлесін сызу құрайтынын түсіну қажет болады (бұл әдеби шығарма емес, нақты мәселе). Осыдан кейін сурет салу бейнелеу өнерінің барлық түрлері қалыптасатын өзегі, олардың құрылысының негізгі элементі екені анық болады

Неліктен қарындашпен сурет саламыз, бояумен жазамыз дейміз? Қандай айырмашылық бар? Адамның анатомиялық құрылымы ол жабылған киімге байланысты өзгермейді- қызметі мен сыртқы түрі өзгереді. Сонымен сызба бейнелі қабық емес, негізгі форма. Сурет салу біз ойлағаннан немесе қазір елестете алатынымыздан әлдеқайда көп. Неліктен көптеген суретшілер өздерінің қызмет түрін теориялық түрде түсіндіре алмайды? Өйткені түс пен техникалық әдістер кескіндеме емес, тек іргетастың элементтері, ол сурет салу.

Дизайн, сәулет студенттеріне, сондай-ақ сызуды оқытудың теориясы мен әдістерін білуі керек өнер және графика факультеттерінің студенттеріне пайдалы болады. Бұл мамандықтарға өте қажет кеңістіктік ойлауды дамыту сурет сабағынан басталады. Табиғаттың мінсіз туындыларының пластикасы дизайнерлер мен сәулетшілер үшін қазына болып табылады. Сондай жаратылыстардың бірі– адам. Сызу бағдарламасының тапсырмаларында адамға қатысты көптеген туындылардың болуы тегін емес. Бұл нысанды бионика сияқты ғылым да зерттейді.

Дизайн және архитектурадағы жобалау әдісі (функционалдық талдау) сызбадағы конструктивті талдау әдісіне өте ұқсас. Нысан туралы толық ақпарат алу, күрделіде қарапайымды көруге үйрену, содан кейін «қарапайымнан күрделіге» жол бойынша сызбаны (немесе жобалау процесін) жүргізу сызбада да, жобада да жұмыс істеудің негізгі әдістерінің бірі болып табылады. Сондықтан сызу пәні ретінде дизайнер мен сәулетші дайындауда үлкен рөл атқарады.

Сызбадағы құрылыстың маңыздылығын түсіну, бірақ оның не екенін сізге ешкім көрсетпейді немесе айтпайды (Ренессанс суретшілері салған

сызбалардың бірнеше иллюстрацияларын және өнер және өндірістік колледждің басылымдарын қоспағанда). Сондықтан сурет салу бойынша

көптеген оқулықтар, соның ішінде кейбір академиялық оқулықтар өте оғаш көрінеді.

Сурет салуға үйрету бағдарламасында «Конструктивті талдау» тапсырмалар блогы «натюрморт салу» тапсырмалар блогынан кейін келеді. Себебі, натюрморт салуға қатысты білім бала кезінен дәстүрлі көшірме әдісімен қалыптасады, нәтижесінде бұл суретке берілген тапсырмаларды ойлау ерекшеліктеріне байланысты белгілі бір инерциямен орындайды.

«Натюрморт суреті» мен «Адам басының суреті» тапсырмаларының арасында шекара бар, оны өткеннен кейін студент конструктивті талдау негізінде әртүрлі кеңістіктік ойлау аймағына енеді.

Саналы сурет салуға дайындықтың болмауы ауыр жағдайды тудырады, сурет салуды үйрену процесін айтарлықтай баяулатады. Студентке оқып жүргенде жақсы сурет салуға үйрету мүмкін емес. Бірақ оны сызба тұрғысынан ойлауға және одан да көп конструктивті талдаудың негіздеріне үйретуге болады. Бұл оның жетекші жіпі болады, әсіресе дизайнда.

Ең бастысы, форма ретінде сызу ақырлы. Сызба пішінінің дизайны белгілі; онда музыкадағы сияқты «жеті нота және шексіз мүмкіндіктер» бар. Пішінді конструктивті талдаусыз сызба мүлде болмайды, іргетассыз сәулеттік құрылыс болмайтыны сияқты.

Салынып жатқан нысанның дизайнын түсіну әрқашан өз тәжірибесіне негізделген. Тәжірибесіз оқытушының объектінің формасын конструктивті түсінуі шаблонға немесе диаграммаға айналуы мүмкін. Сондықтан мұнда кеңістіктік ойлауы дамыған және конструктивті сызу негіздерін меңгерген оқытушының шеберлігі өте қажет.

Бұл әдістің басқа атауы бар - сызықтық перспектива. Бұл сызық туралы есте сақтаудың дұрыс уақыты, өйткені бұл сурет салудың мәнерлі құралы. Бірақ сызда бұл құралдардың саны көп емес, тек екеуі ғана: нүкте және сызық.

Сызық абстрактілі ұғым және табиғатта таза түрінде болмайды. Кеңістікте бір пішін бар, біз оны осы кеңістіктен сызық арқылы бөлеміз. Объектіні қағаз парағының кеңістігінде сызықпен сызу, үшінші өлшемді құру кезінде сызықтың өзі де осы кеңістікте екенін ескеруіміз керек.

Сурет жазықтығының тереңдігіне, яғни парақ жазықтығына жылжыған сайын, сызық азырақ белсенді және жұқа болады (бұл «тұман эффектiсi»). Бұл әсерді сызқа қолдану арқылы біз әуе перспективасының күйімен конструктивті сурет салу кезеңін аламыз; сызықтық сызба тереңдікке ие болады. Сонымен, алдыңғы сызықтар сізге жақындаған кезде қарындашпен күшейтіледі, ал сізден алыстаған кезде фон сызықтары өшіргішпен әлсірейді.

Сызбадағы сызықтардың сипатына назар аудару өте маңызды: сызықтардың екі түрі бар. Бұл пішінді немесе пішіндер жиынтығын жабатын және оларды кеңістіктен бөлетін контур сызығы (контур) және

пішіннің жақтарының кеңістіктегі орналасуы туралы түсінік беретін пішіннің шекаралары немесе шеттерінің сызығы. Пішін жиектерінің сызығы кең графикалық диапазонға ие. Ол текшенің шеті сияқты өте жұмсақ немесе өте қатты болуы мүмкін. Текшенің бүйірлері арасында өткір жиегі және жарық пен көлеңке арасындағы айқын контраст бар, бұл әсерді күшейтеді

(бұл жарық пен көлеңке арасындағы шекара). Бұл, біз көріп отырғанымыздай, тараптардың шекарасымен сәйкес келеді.

Кеңістіктің үш өлшемділігі концепциясынан кейінгі сызу негіздерінде Перспектива маңызды ұғымдардың бірі болып табылады (бұл өзара байланысты және ең жұмбақ терминдер). Педагогикалық тәжірибе көрсеткендей, біріншіні меңгеру үшін студентке- жақсы жағдайда- 1-2 жыл практикалық сабақтар қажет. Суретші туғаннан бастап үш өлшемді көрмейді— бұл бойға сіңірілген шеберлік екенін жоғарыда айттық. Үш өлшемді көру болмаса, жарық пен көлеңке көрінбейді.

Қолданыстағы сурет оқулықтарында «перспектива» термині жалпы жарықтандыруды анықтайды және бұл ерекшеліктің болмауы сурет тұжырымдамасында белгілі бір хаос тудырады. Біз мұны былай түсінеміз: «жарық»- жарық, «көлеңке»- көлеңке, «перспектива»- жарық пен көлеңкенің шекарасы. Осылайша, сызбада көп нәрсе қарапайым және түсінікті болады: жарық пен көлеңкенің шекарасы әрқашан көлеңкеден гөрі қараңғы болады; Төңкеріс денелерінде жұмсақ және бұлыңғыр, қатты заттарда қатты.

Біз текшенің шеттерін дөңгелектедік (жоғарғы қатарда). Жетіспейтін шеттердің орнына тік сызықтардың болуы туралы сұрақ студенттер арасында дүрбелең тудырады, өйткені текшеде жиектер жоқ. Бірақ текше жақтары бұрынғы қалпында қалады және әлі де кеңістікте әртүрлі бағдарларға ие. Бұл олардың арасында кеңістіктік шекаралардың бар екенін білдіреді. Табиғатқа мұқият қараңыз, сонда сіз оларды көресіз: бұл бөлектеу немесе жарық пен көлеңке, жарық пен көлеңке арасындағы шекара.

Конструктивті сызбада (яғни тональдық қатынастар болмаған кезде) кеңістіктегі пішіндердегі үзілістердің шекараларындағы ерекшеліктер де сызықпен ауыстырылады. Егер бұл шекараларды ажыратуды үйренбесеңіз, кеңістікте көлемді сыза алмайсыз- яғни оны көре алмайсыз.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Есмұхан Ж.М. Черчение: Учебник для 9 классов общеобразовательных школ-Алматы: Издательство «Мектеп». 2005. 128 с .
2. Карточки - задания по черчению: 9 кл.: ВВ . Степанова, Л.Н. Анисимова В.А. Гервер и др.; Под ред. В.В. Степаковой - М.: Просвещение, 2000- 64 с., ил.
3. Абдильдина Г.А.; Суреттің конструкциялық құрылымының шешімі
Оқу құралы Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті; - Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2019.- 50б.
4. Абдильдина Г.А. Станк кескіндеме негіздері: Оқу құралы
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті; - Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2014.- 50б.
5. Карточки- задания по черчению: 9 кл: В.В.Степанова, Л.Н.Анисимова, В.А. Гервер и др.; Под ред. В.В. Степаковой- М.: Просвещение, 2000- 64 с, ил.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ

В условиях Центрального Казахстана широкое распространение просадочных грунтов создаёт существенные сложности при проектировании и эксплуатации зданий. В данной работе рассмотрены инженерно-геологические особенности региона, типовые ошибки проектирования, а также предложены оптимизационные подходы с использованием современных методов стабилизации и расчётного моделирования. Приводятся конкретные примеры объектов, пострадавших от просадочных деформаций, и даётся количественный анализ эффективности различных методов уплотнения и армирования основания. Ключевые слова: просадочные грунты, Центральный Казахстан, фундаменты, осадки, стабилизация, трамбование, моделирование.

Центральный Казахстан, в том числе Карагандинская область, характеризуется широким распространением лёссовидных просадочных грунтов, склонных к деформациям при увлажнении. Эта особенность создаёт значительные геотехнические риски при возведении зданий и сооружений. Согласно инженерным изысканиям, проведённым на строительных площадках в окрестностях г. Караганды (районы Пришахтинск, Майкудук), около 68% площадей потенциально подвержены просадочным деформациям.

Просадочные грунты в регионе представлены лёссовидными суглинками со следующими параметрами:

Плотность в естественном состоянии: 1,25–1,45 г/см³;

Влажность: 8–12%;

Пористость: до 48%;

Просадочность при насыщении водой — от 0,04 до 0,10 (в среднем 0,07);

Глубина распространения просадочного слоя — до 8–12 м;

Уровень грунтовых вод — 2,5–5,0 м от поверхности.

Эти характеристики способствуют интенсивной неравномерной осадке фундаментов при нарушении водно-режимного баланса. Например, при подтоплении строительной площадки в Майкудуке (жилой комплекс "XXI век") зафиксированы осадки фундаментов до 9,4 см за первые два года эксплуатации.

Нормативная база проектирования на просадочных грунтах. Проектирование фундаментов на просадочных грунтах в Республике Казахстан регламентируется рядом нормативных документов, включая:

- СН РК 1.02-04-2011 «Инженерные изыскания для строительства»;
- СНиП РК 5.01-01-2013 «Основания и фундаменты зданий и сооружений»;
- СП РК 1.02-103-2013 «Проектирование оснований и фундаментов на просадочных грунтах». Согласно этим нормам, грунты с просадочностью выше 0,03 при нагрузке 0,1 МПа считаются опасными и требуют специальных мер проектирования. Однако на практике данные требования часто игнорируются, особенно в частном строительстве. Это подчёркивает важность государственной экспертизы проектов с учётом геотехнической специфики площадки.

Геоэкологические факторы, влияющие на просадочность. Особое внимание в условиях Центрального Казахстана следует уделить антропогенным и климатическим факторам: - Подтопление. С 2000-х годов в Караганде наблюдается рост уровня грунтовых вод, связанный с утечками из водопроводных сетей и уменьшением водопотребления шахт. Например, в районе улицы Кривогуза уровень воды поднялся с 5,8 м (2005 г.) до 3,1 м (2023 г.). - Изменение климата. Увеличение количества осадков в зимне-весенний период на 15–20% за последние 10 лет усиливает сезонную фильтрацию воды в лёссовидные грунты. - Уплотнение застроек. Увеличение плотности застройки в пригородах Караганды увеличивает нагрузку на основание, ускоряя процесс просадки.

Зарубежный опыт борьбы с просадкой. Для сравнительного анализа были рассмотрены решения, применяемые в Китае, Узбекистане и Турции — странах с аналогичными геологическими условиями: - Китай (провинция Шэньси). Активно используется методика силикатизации верхнего слоя толщиной 2–4 м. Прочность возрастает на 30–40%, однако стоимость высока. Узбекистан (Ташкент). Применяется послойное виброуплотнение с контролем плотности. На заводе строительных конструкций был зафиксирован эффект уменьшения осадки в 2,5 раза. - Турция (район Конья). Используется комбинированный метод: геосинтетики + химическое закрепление. Особенно эффективно при повторных увлажнениях. Данные методы могли бы быть адаптированы в условиях Казахстана с учётом стоимости и доступности материалов.

Недостаточное учёт просадочности грунтов нередко приводит к аварийным ситуациям. Например:

В 2018 году в г. Темиртау из-за просадки фундамента на 6 см произошло растрескивание кирпичной кладки и нарушение геометрии дверных проёмов в здании школы №5.

В Караганде на территории жилого массива "Юго-Восток" было зафиксировано 12 случаев локальных осадок частных домов в течение 2020–2023 гг. Основной причиной являлось отсутствие предварительного уплотнения основания и недостаточная глубина фундаментов.

Метод динамического трамбования (ДТ) зарекомендовал себя как один из наиболее эффективных способов снижения просадочности. На

участке в районе 137-го квартала (Караганда) были проведены трамбовочные работы с использованием груза массой 10 т, сбрасываемого с высоты 2,5 м. После трамбования:

Просадочность снизилась с 0,075 до 0,022;

Плотность увеличилась до 1,58 г/см³;

Экономический эффект по сравнению с заменой грунта составил 28%.

В строительстве административного здания в районе Южной промзоны была применена армированная песчаная подушка с геосеткой типа "СеткаСтаб 35":

Снижение относительной осадки фундамента — на 35%;

Увеличение модуля деформации основания — с 18 до 32 МПа.

Моделирование в программе PLAXIS 2D показало, что при увеличении влажности на 15% осадка ленточного фундамента шириной 1 м увеличивается с 4,2 до 8,7 см на глубине заложения 1,5 м. Это подчёркивает необходимость учёта возможного увлажнения при выборе проектных параметров.

Рекомендации:

1. Обязательное проведение лабораторных испытаний на просадочность (по СН РК 1.02-04-2011);

2. Применение уплотнения на глубину не менее 3 м при просадке свыше 0,05;

3. Использование свайных оснований в сочетании с песчаной подушкой на глубине более 5 м;

4. Организация дренажной системы с контролем уровня грунтовых вод;

5. Внедрение автоматизированного мониторинга осадок (например, с применением оптоволоконных сенсоров).

Строительство на просадочных грунтах требует интегрированного инженерного подхода с обязательным геотехническим сопровождением. Представленные примеры и расчёты показывают, что использование современных методов стабилизации и моделирования позволяет существенно повысить надёжность зданий, снизить риски и затраты на устранение последствий деформаций. В условиях Центрального Казахстана применение оптимизированных проектных решений — необходимый шаг к устойчивому строительству.

Список использованных источников:

1. СНИП РК 5.01-01-2013. *Основания и фундаменты зданий и сооружений*. – Астана: Министерство регионального развития РК, 2013. – 92 с.

2. СП РК 1.02-103-2013. *Проектирование оснований и фундаментов на просадочных грунтах*. – Астана: Агентство по делам строительства и ЖКХ РК, 2013. – 78 с.

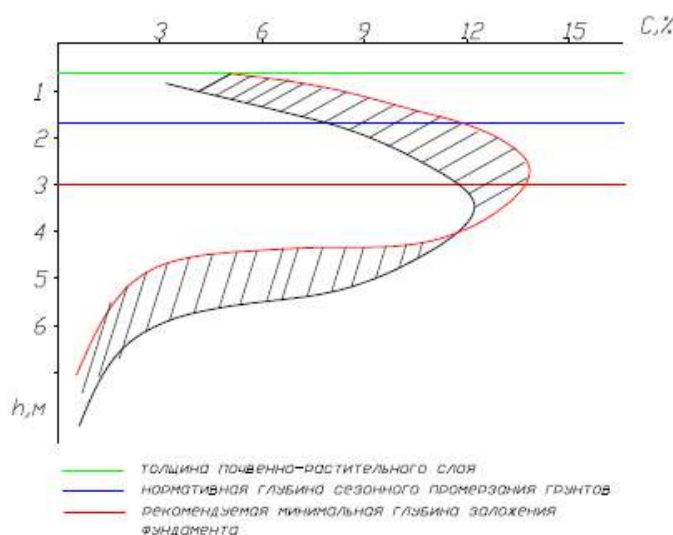
3. Кайдаров М.Ж., Абдукаримов А.Ш. *Геотехнические аспекты проектирования оснований в условиях подтопления в Центральном Казахстане* // Вестник КазНИИСА. – 2021. – №4(68). – С. 24–30.

4. Сагадатов Ж.Т., Сатенов Ж.К. *Методика оценки осадки оснований при изменении уровня грунтовых вод* // Известия КазНИИСА. – 2019. – №2. – С. 35–42.

ОБЗОР МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ
НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ

В данной обзорной статье рассмотрены современные инженерные и технологические подходы к проектированию и строительству оснований и фундаментов на засоленных грунтах. Анализируются физико-механические свойства засоленных грунтов, их распространение на территории Республики Казахстан, а также типичные проблемы, возникающие при строительстве в таких условиях: суффозионная осадка, просадка, набухание и коррозионное разрушение. Представлены методы повышения устойчивости оснований, включая предварительное обессоливание, защиту конструкций от коррозии и рекомендации по технологиям строительства. Отдельное внимание уделено причинам аварий и неравномерных осадок фундаментов на засоленных грунтах, а также мерам профилактики и укрепления инженерных решений.

Засоленные грунты представляют собой особый тип инженерно-геологических условий, требующих индивидуального подхода при проектировании и возведении зданий и сооружений (рис.1). Широкое распространение засоленных грунтов в Республике Казахстан, особенно в районах с высоким уровнем подземных вод и воздействием мелиорации, делает задачу изучения их строительных свойств крайне актуальной.



h – рассматриваемая глубина; C_0 – общее содержание легко и среднерастворимых солей

Рисунок 1 – Изменение засоленности грунтов по глубине

Засоленные грунты характеризуются наличием водорастворимых солей в порах, что приводит к ухудшению их физико-механических характеристик, нестабильности структуры и агрессивному воздействию на строительные материалы. При взаимодействии с подземными и инфильтрационными водами такие грунты могут вызывать суффозионные процессы, просадку, набухание, а также коррозию конструкций, особенно при наличии сульфатов, хлоридов и магниевых солей. Засоленные грунты характеризуются наличием водорастворимых солей в порах, что приводит к ухудшению их физико-механических характеристик, нестабильности структуры и агрессивному воздействию на строительные материалы. При взаимодействии с подземными и инфильтрационными водами такие грунты могут вызывать суффозионные процессы, просадку, набухание, а также коррозию конструкций, особенно при наличии сульфатов, хлоридов и магниевых солей [1].

Инженерные обследования аварийных объектов показывают, что ключевыми причинами преждевременных деформаций и разрушений зданий на засоленных грунтах являются:

Игнорирование специфики соленосных грунтов при инженерно-геологических изысканиях: коэффициент осадки может увеличиваться до 2–3 раз по сравнению с нейтральными грунтами при одинаковом уровне нагрузок.

Отсутствие предварительного обессоливания основания: содержание солей более 0,5% вызывает рост порового давления при увлажнении и последующую суффозию.

Нарушения дренажной инфраструктуры (утечки, застой воды), активизирующие капиллярный подъём и диффузионное перемещение солей.

Недостаточная антикоррозионная защита бетона и арматуры: скорость коррозии может достигать 0,25–0,4 мм/год в сульфатно-хлоридной среде.

Низкое качество обратной засыпки, приводящее к локальной неравномерной фильтрации и точечным осадкам фундаментов до 60–100 мм.

Обессоливание и фильтрационные методы. Одним из базовых этапов инженерной подготовки площадки является снижение концентрации растворимых солей в приземной толще методом интенсивного промыва. Согласно данным полевых исследований (Байбатыров, 2017), снижение содержания хлоридов и сульфатов на 60–75% достигается за 2–3 месяца при применении:

Горизонтальных и вертикальных дренажей, создающих направленное фильтрационное поле;

Электроосмоса, способного увеличить эффективность вымывания на 25–40% за счёт миграции ионов;

Комбинированных методов — вымывание с последующим уплотнением и цементацией (снижение коэффициента фильтрации с 10^{-4} до 10^{-6} м/с).

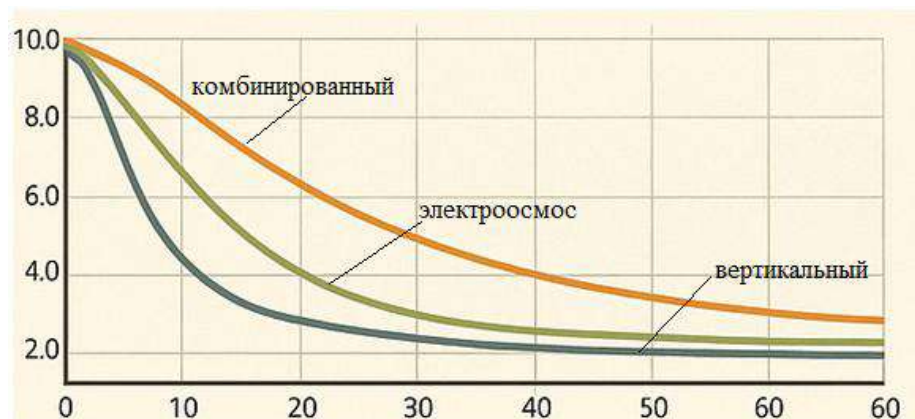


Рисунок 3 – Эффективность методов обессоливания основания

Для повышения устойчивости зданий и сооружений в условиях засоленных грунтов необходимо внедрение следующих инженерных подходов [2]:

Проведение полевых испытаний с длительным замачиванием и фильтрацией: оценка изменений модуля деформации и прочности по времени;

Использование свайных и глубинно армированных фундаментов, выведенных за пределы агрессивной зоны;

Применение систем мониторинга за уровнем подземных вод, химическим составом фильтрата, контролем за деформациями основания;

Обязательный учёт закономерностей суффозионной осадки при расчётах осадок, особенно в многоэтажном строительстве.

Комплексный учёт геохимических и инженерно-геологических особенностей засоленных грунтов, предварительное инженерное обессоливание, химическое закрепление и антикоррозионная защита конструкций позволяют повысить надёжность фундаментов и продлить срок службы зданий в агрессивных средах. Полученные результаты полевых и лабораторных исследований подтверждают эффективность применения дренажных, электроосмотических и защитных технологий в повышении устойчивости оснований в засоленных районах Казахстана и других регионов с аналогичными условиями.

Список использованных источников

1. Абелев М.Ю., Джумашев У.Р. Строительство на засоленных грунтах - М.: МИСИ, 1978. 46 с.
2. Абелев М.Ю., Карапетов Г.Я., Бабичева Г.С. О суффозионной сжимаемости и фильтрационных свойствах засоленных грунтов // Проектирование и инженерные изыскания. 1990. - № 5. - С.39-40.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАСАДНЫХ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ ПЛИТ С ПРИМЕНЕНИЕМ МРАМОРНОЙ КРОШКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В современном мире строительство не стоит на месте, технологии и принципы строительства постоянно развиваются, следовательно, с каждым годом строятся все более интересные и архитектурно выразительные жилые здания, их архитектурная выразительность является важной проблемой.

Внешний вид здания конечно отличает его от общей улицы, градостроительства. На сегодняшний день не составит труда сделать его уникальным по-своему вкусу. Отделочные материалы, а также технологии, разнообразная цветовая гамма, фактуры, инструкции с техникой облицовки способствуют разнообразию внешнего вида зданий.

Наиболее востребованная и быстрая технология в строительстве зданий является готовое сборное крупнопанельное домостроение. Самой главной задачей данной технологии является повысить качество, а также обширное разнообразие отделки фасадов сооружений и не только. Качество изделий должно достигаться путем увеличения возможностей завода. Готовые изделия, должны предоставлять возможность применения различных видов отделки фасадов, однако они должны, непосредственно входить в основной производственный процесс изготовления. На сегодняшний день, в практике было доказано, что есть весомые недостатки, которые связаны напрямую от способа изготовления, а также большой стоимостью получаемых изделий, и главным образом с низкой долговечностью материала [1].

Для всех сборных зданий решающее значение, непосредственно, имеют качество, а также разнообразие типов отделки наружных стеновых панелей.

Работа многих исследователей в области облицовки фасадов зданий посвящена проблеме совершенствования технологии заводской отделки строительных элементов. В работах таких известных ученых как Анцуповой С.Г., Когана Г.С., исследуется вопрос отделки на основе каменной крошки. Лисицын Ю.В. занимается вопросами по проблеме разработок ковровой керамики. Труды выдающихся ученых Крюкова А.Р., Суслина Б.Н. посвящены, непосредственно разработке рельефного оформления промышленных зданий. Граник Ю.Г., Ершов С.К. разработали, а также внедрили в строительство и внедрили в широкую практику многочисленные технологии изготовления панелей для отделки фасадов. Следует отметить, что каждый из вышесказанных методов имеет свои большие преимущества и недостатки, некоторые из этих методов уже эффективно применяются для изготовления изделий [2].

Именно этими учеными был разработан новейший метод декорирования ограждающих конструкций, в котором сборные декоративные ковры укладывают на дно пресс-формы перед бетонированием, а далее формируют с помощью панели за один цикл, такой метод не требует дополнительной отделки. Помимо этого, при использовании такого способа производства нет необходимости вносить структурные изменения. [3]

Основным компонентом декоративных ковров, чаще всего, является мраморная крошка. Благодаря своим высоким эксплуатационным и хорошим декоративным характеристикам, отделка фасадов здания мраморной крошкой, также часто встречается на поверхностях стен детских и медицинских учреждений, ресторанов и гостиничных комплексов. Мраморная крошка имеет много преимуществ, в том числе прочность и ударопрочность, ее цвет не выцветает. Помимо высокой прочности, бетонная смесь для отделки мраморной крошкой имеет эластичные связующие, которые препятствуют разрушению. Мрамор является экологически чистым материалом.

На рисунке 1 показан пример цветового разнообразия отделки мраморной крошки.



Рисунок 1 - Цветовое разнообразие мраморной крошки

Изучение данных работ, а также проведенный структурный анализ отечественного опыта изготовления и отделки наружных стеновых панелей, и проведенный анализ зарубежной практики позволили считать, что одним из самых эффективным и экономически выгодным видом отделки фасадов зданий и сооружений является мелкая крошка из минеральных или искусственных материалов.

Декоративные ковры разделяются на два типа: трёхслойное покрытие для подлеющего крепления в процессе изготовления изделия, а также двухслойное покрытие для склеивания после изготовления изделия.

Первый вид декоративных ковров состоит преимущественно из геотекстиля с щелочестойкими волокнами ,герметизирующего слоя,в состав которого входит песок и мраморная крошка ,акриловый полимер,а также основного декоративного слоя который состоит из каменной крошки. В состав декоративных ковров второго вида входят основа и декоративный слой из каменной(мраморной) крошки .



Рисунок 2 -Декоративные ковры

Данная технология декоративных ковров была разработана для улучшения внешнего облика здания , который добивается для счет большого разнообразия графики,а также цветовых предпочтений. Такая технология дает возможность эффективного производства облицовочных плит и увеличивает долговечность фасадов здания [4].

Список использованных источников:

1. Марко Л.И. Сырье для декоративных бетонов.2016 – 174 с.
2. Научно-технический журнал Вестник МГСУ Архангельский Е.А., Баженова О.Ю., Баженова С.И « Исследование свойств декоративных бетонов»,-2016.
- 3.Григорьева П. С. Технология заводской отделки наружных стеновых панелей с применением предварительно изготовленных декоративных ковров: автореф. дис. ...канд. технических наук: 05.23.08/ Григорьева Полина Игоревна. - Москва, 2013 - 30 с
- 4.Граник М. Ю., Григорьева П. И., Плаксенко Н. В. Новый вид заводской отделки крупнопанельных зданий/ М. Ю. Граник, П. И. Григорьева, Н.В. Плаксенко// Строительные материалы. – 2011-№3.-С. 24-27

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В резко-континентальных климатических условиях Республики Казахстан асфальтобетонные покрытия подвергается негативному воздействию перепадов температур.

Из года в год на дорогах наблюдаются большое количество трещин, превращающихся со временем в выбоины.

Традиционное асфальтобетонное покрытие на битумном связующем не справляется с возложенной на него нагрузкой, ввиду недостаточных физико-механических свойств дорожного покрытия и долговечности.

Тем временем нагрузка на дорожное покрытие в грузонапряжённом и интенсивном движении автотранспортных средств возрастает изо дня в день.

Так же неисправности в ливневой канализации или ее отсутствие оказывают негативное воздействие на износостойкость асфальтобетонного покрытия.

По качеству автомобильных дорог Казахстан занимает незавидное 93-е место в рейтинге Всемирного экономического форума.

Чтобы повысить прочность асфальта, в мегаполисах, в том числе в Алматы, стали использовать экспериментальные асфальтовые покрытия с использованием импортных добавок и полимеров.

Более того, ухудшению состояния дорог способствует реализация проектов по среднему ремонту дорог, не требующих разработки проектно-сметной документации и проведения экспертизы. Установлено низкое качество управления проектами по международным займам под гарантию государства. Имеет место затягивание сроков их реализации.

Перед отечественной наукой стоит задача по улучшению свойств дорожного покрытия для обеспечения надежной защиты от температурных воздействий.

Битум, как органическое вяжущее, не справляется с возложенными на него задачами, ввиду нескольких причин:

- недостаточно трещиностойкий в условиях Казахстана, где температура наиболее холодных суток ниже - 25 °С;
- недостаточный температурный интервал работоспособности, так как при температуре минус 25 °С уже не работоспособен;
- неэластичен, не обладает свойством обратной деформации при больших диапазонах эксплуатационных температур

Необходимым условием при изготовлении битумов является приближение значения температуры хрупкости полимер-битумного

вяжущего к температуре воздуха наиболее холодных суток района строительства в целях сохранения работоспособности покрытий и развитию релаксации напряжений.

Из вышеизложенного следует, что состав полимер-асфальтобетонных смесей должен быть подобран так, чтобы покрытие было способно к обратимым деформациям при низких температурах и сохраняло усталостную прочность, тем самым обеспечив долговечность.

Главная задача модифицирования битума – проектирование состава с улучшенными свойствами по показателям морозостойкости, трещиностойкости, сдвигоустойчивости, повышенная адгезия, устойчивость к старению и эластичность. При незначительном увеличении стоимости повысить долговечность покрытия дорог, тем самым уменьшив затраты на обслуживание и ремонт дорог.

«Superpave» является аббревиатурой от Superior Performance Asphalt Pavements (асфальтовые покрытия с превосходными эксплуатационными характеристиками).

Классификация PG позволяет определить и спроектировать битумное вяжущее, подходящее для конкретного участка дороги. Выбор битума по шкале PG Grade учитывает природные условия данного региона, интенсивность нагрузок и максимальные показатели летних и зимних температур за последние 20 лет.

В сравнении с методом проектирования Маршалла, Superpave объединяет выбор материала и проектирование смеси и использует совершенно иной тип уплотнения. Удары утяжеленного молота заменяются гидравлической системой замешивания, действие которого приближено к фактическому уплотнению смеси в полевых условиях. Постоянная прикладываемая сила и контролируемое количество способствуют уплотняемости асфальтобетонного материала. Оптимальные плотности, разработанные с помощью SGC, часто требуют меньшего количества асфальтобетонного связующего, чем методы Маршалла.

Строительство пилотных участков в Казахстане начнется в 2025 году, которые покажут готовность отечественной промышленности к выходу на новый уровень.

Список использованных источников:

1. Бессонов Д.В., Косенко И.Н., Асатулаев Б.А., Бессонов М.Д. «Пластиковые отходы в дорожном строительстве», 18-я Конференция магистрантов и студентов КазАДИ им.Л.Б. Гончарова, Сборник статей. Алматы, 2020 г.
2. Калгин, Ю.И. Научные основы получения и применения дорожных материалов с использованием модифицированных битумов. Спец.05.23.05 – «Строительные материалы и изделия» [Текст]: дис. докт. техн наук: защищена 27.04.2007 / Ю.И. Калгин. – Саранск: [б.и.]. – 2007.
3. Павлов, В.Ф. Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов [Текст] / В.Ф. Павлов // Строительные материалы. – 2003. – №8.
4. Гохман, Л.М. Пластификатор: “за” и “против” // Автомобильные дороги. – 2003. – №4.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПО НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ РК

При проектировании должны быть предусмотрены решения, обеспечивающие надежность, долговечность и экономичность сооружений на всех стадиях строительства и эксплуатации.

При разработке проектов производства работ и организации строительства должны выполняться требования по обеспечению надежности конструкций на всех стадиях их возведения.

При проектировании следует учитывать местные условия строительства, а также имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических условиях. Для этого должны быть выявлены данные о производственных возможностях строительной организации, ее парке оборудования, ожидаемых климатических условиях на весь период строительства и т.п [3].

Работы по проектированию свайных фундаментов следует вести в соответствии с техническим заданием на проектирование и необходимыми исходными данными.

Инженерные изыскания для строительства, работы по проектированию свайных фундаментов и их устройству должны выполняться организациями, имеющими лицензии на эти виды работ.

Свайные фундаменты следует проектировать на основе результатов инженерных изысканий.

При проектировании фундаментов рекомендуем использовать следующие прочностные и деформационные характеристики (см. таблицу 2):

Таблица 2 - Прочностные и деформационные характеристики грунтов основания на участке

№ п/п	Наименование характеристик	Единица измерения	Значения характеристик		
			Норма- тивные	Расчетные	
				по дефор- мациям	по несущей способности
1	2	3	4	5	6
ИГЭ 1. СУПЕСИ аQI-III					
1	Удельное сцепление	кПа	27	20	15

2	Угол внутреннего	градус	26	24	23
3	Модуль деформации при замачивании	МПа	7,0	--	--
4	Плотность грунта	г/см ³	1,97	1,94	1,92
ИГЭ 2. СУГЛИНКИ аQI-III					
1	Удельное сцепление	кПа	39	28	21
2	Угол внутреннего	градус	23	20	19
3	Модуль деформации при замачивании	МПа	6,0	--	--
4	Плотность грунта	г/см ³	1,99	1,96	1,93
ИГЭ 3. ПЕСКИ СРЕДНЕЙ КРУПНОСТИ аQI-III					
1	Удельное сцепление	кПа	3	3	2
2	Угол внутреннего	градус	38	38	36
3	Модуль деформации	МПа	30,0	--	--
4	Плотность грунта	г/см ³	1,74	1,74	1,74
№ п/п	Наименование характеристик	Единица измерения	Значения характеристик		
			Нормативные	Расчетные	
				по деформациям	по несущей способности
1	2	3	4	5	6
ИГЭ 4. ПЕСКИ ГРАВЕЛИСТЫЕ аQI-III					
1	Удельное сцепление	кПа	2	2	1,9
2	Угол внутреннего трения	градус	35	35	32
3	Модуль деформации	МПа	32	--	--
4	Плотность грунта	г/см ³	1,78	1,78	1,78

По степени агрессивности грунтов (СП РК 2.01-101-2013) по отношению к бетонам марки W4 по водонепроницаемости грунты в основном неагрессивные, реже слабоагрессивные на портландцементях. По отношению к железобетонным конструкциям грунты – неагрессивные.

Степень коррозионной агрессивности грунтов согласно ГОСТ 9.602-2005 (таблицы 1, 2, 4) по отношению к свинцовой оболочке кабеля – средняя и высокая, к алюминиевой оболочке кабеля – высокая, к углеродистой стали – средняя.

При проектировании фундаментов необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- защиту бетонных и железобетонных конструкций от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод;
- антикоррозионную защиту подземных конструкций из стали,

свинцовых и алюминиевых оболочек кабеля от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод;

При проектировании фундаментов зданий необходимо учитывать глубину промерзания грунтов, а при проектировании подземных водонесущих коммуникаций – величину проникновения «0».

При проектировании фундаментов глубокого заложения необходимо учитывать набухающие свойства элювиальных глин.

Пески неустойчивы в бортах траншей. При необходимости следует предусмотреть крепление бортов траншей.

При наличии подвальной части зданий ниже прогнозируемого уровня грунтовых вод предусмотреть строительное водопонижение, а также мероприятия, исключающие подтопление грунтовыми водами подземной части здания при эксплуатации.

По сложности инженерно-геологических условий согласно СП РК 1.02-105-2014 участок изысканий относится к III категории

В результате анализа действующих нормативных документов Республики Казахстан, регламентирующих проектирование свайных фундаментов, установлено, что обеспечение надежности и долговечности строительных конструкций возможно только при условии комплексного учета инженерно-геологических условий, физико-механических характеристик грунтов и агрессивности среды.

Анализ прочностных и деформационных характеристик различных типов грунтов показал необходимость детализированной оценки параметров основания при проектировании свайных фундаментов.

Особое внимание должно уделяться вопросам защиты строительных конструкций от коррозионного воздействия среды, особенно в зонах с высокой агрессивностью грунтов и грунтовых вод.

Результаты проведенного анализа могут быть использованы при разработке проектной документации для объектов капитального строительства, а также при совершенствовании нормативной базы в области инженерной геотехники.

Список использованной литературы:

1. ; Шулятьев С.О. *Международный форум высотного и уникального строительства RUSSIA 100+ // «ОФМГ». – 2016. - № 2.*
2. 4.СНиП РК 5.01.02–2013. *Основания зданий и сооружений.*
3. 5.СП 50–101–2009. *Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ОТКОСОВ В НАСЫПНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Сейсмическая устойчивость откосов в насыпных сооружениях играет ключевую роль при проектировании инфраструктурных объектов в зонах сейсмической активности.

В условиях динамического воздействия грунт может претерпевать значительные деформации, что приводит к потере устойчивости сооружения. Для оценки устойчивости откосов применяются различные методы [1] [2] – от классических аналитических до современных численных подходов, позволяющих учитывать сложные физико-механические процессы. Целью данной работы является анализ существующих методов расчета сейсмостойкости откосов и сравнительная оценка их эффективности.

Согласно современным подходам, устойчивость откоса оценивается через коэффициент запаса устойчивости (КЗУ):

$$K_{\text{зап}} = \frac{R}{E}$$

(1.1)

где R — удерживающие силы, E — сдвигающие силы. Расчет КЗУ осуществляется с учетом сейсмических коэффициентов (k_h), вводимых в псевдостатическом подходе [3]:

$$F_{\text{сейсм}} = k_h \times W$$

(1.2)

На графике 1 представлено сравнение коэффициентов запаса устойчивости, полученных с использованием разных методов:

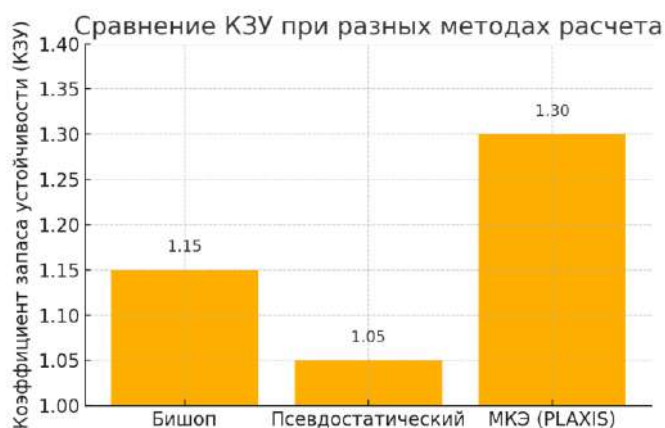


График 1 – Сравнение КЗУ по разным методам расчета

В качестве примера рассмотрим откос высотой 10 м с углом наклона 30° , построенный из суглинки. Плотность грунта составляет 1800 кг/м^3 , угол внутреннего трения — 24° , сцепление — 17 кПа . Расчеты методом Бишопа дают $K_{3У} \approx 1.15$; при учете сейсмического воздействия ($k_h = 0.1$) — псевдостатический метод показывает снижение $K_{3У}$ до ≈ 1.05 . Применение МКЭ (например, в PLAXIS) [4, 5, 6] позволяет учесть реальные напряжения и фильтрационные потоки, давая $K_{3У} \approx 1.30$, что подтверждает преимущество численного моделирования [7, 8].

Сравнительные характеристики методов приведены в таблице 1:

Метод	Учет сейсмики	Точность	Простота	Пример $K_{3У}$
Бишоп	Нет	Средняя	Высокая	1.15
Псевдостатический	Да	Средняя	Средняя	1.05
МКЭ (PLAXIS)	Да	Высокая	Низкая	1.30

В заключение следует отметить, что выбор метода расчета зависит от инженерно-геологических условий, стадии проектирования и доступности данных. Аналитические методы полезны для предварительной оценки, однако в сейсмически активных районах рекомендуется применение численных подходов [9, 10], обеспечивающих более точную оценку устойчивости откосов.

Список литературы:

1. Brinkgreve R. et al. (2021). PLAXIS 2D Reference Manual. Bentley Systems.
2. Itasca Consulting Group (2022). FLAC Manual. Minneapolis: Itasca.
3. Li Y., Zhang J. (2020). Seismic slope stability using numerical methods. Soil Dynamics and Earthquake Engineering.
4. Singh R., Kumar V. (2021). Comparative assessment of slope stability methods. Int. J. of Geotechnical Eng.
5. Choudhury D., Sitharam T.G. (2019). Pseudo-static seismic analysis of slopes. Geomechanics and Geoengineering.
6. Zhang L., Wang X. (2022). Reliability of Bishop method in seismic conditions. Journal of Rock Mechanics.
7. Lee S.R., Kim H.S. (2023). 2D vs 3D slope analysis under seismic loading. Computers and Geotechnics.
8. Park J.Y., Cho W.J. (2020). Stability charts for seismic slope design. Engineering Geology.
9. Nguyen T., Bui H.H. (2021). Application of FEM in seismic slope stability. Geotechnical Research.
10. Мельников В.П. (2020). Расчет откосов в условиях сейсмических воздействий. Геотехника, №4.

КОНСТРУКТИВТІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ШЕШІМДЕРДІҢ АЗ ҚАБАТТЫ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЖЫЛУ ТИІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

Құрылыс саласындағы энергияны үнемдеу мәселесінің өзектілігі, жылу шығындарын азайту және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту қажеттілігіне байланысты туындайды. Қазақстан Республикасында тұрғын үй қорының едәуір бөлігін энергия сыйымдылығы жоғары аз қабатты үйлер құрайды, бұл олардың терможаңғырту мәселесін ерекше маңызды етеді. Энергия сыйымдылығын төмендету мақсатына қол жеткізу үшін 2012 жылы елімізде «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Қазақстан Республикасының Заңы қабылданды [1].

Аз қабатты азаматтық ғимараттардың жылу тиімділігін арттырудың басты мақсаты, энергия тұтынуды азайту және өмір сүру жайлылығын арттыру болып табылады. Елімізде **аз қабатты тұрғын үйлердің басым бөлігі өнеркәсіптік тұрғын үй құрылысы кезеңдерінде (1958-1990) салынды, бұл кезеңдерде энергия тиімділігіне емес, құрылыстың жылдамдығы мен құнына назар аударылды [2].** Нәтижесінде көптеген ғимараттарда:

- **тиімсіз конструктивті шешімдеріне;**
- **құрылыс материалдарының төмен сапасына;**
- заманауи оқшаулағыштар мен герметикалық терезе жүйелерінің болмауына және т.б. байланысты жылу шығыны көрсеткіштері жоғары болып табылады.

Ғимараттың конструктивті шешімі оның беріктігін, тұрақтылығын және пайдалану сипаттамаларын қамтамасыз ететін негізгі тірек жүйесі болып табылады. Алайда, негізгі тірек қызметінен басқа, конструктивті шешімдер ғимараттың жылу тиімділігіне, яғни оның ішкі жылуды сақтау және қоршау конструкциялары арқылы жылу шығынын азайту қабілетіне тікелей әсер етеді. Дұрыс жүйелі таңдалған конструктивті шешім келесі аспектілерге айтарлықтай әсер етуі мүмкін:

- сыртқы қабырғалардың жылу өткізу, сақтау және берілуіне төзімділік;
- суық көпірлердің болуы немесе болмауы;
- конструкцияның жылу инерциясы;
- ғимаратты пайдалану процесінде жылу оқшаулау сипаттамаларының беріктігі мен тұрақтылығы.

Ғимараттардың конструктивті құрылымдық жүйелері тірек қаңқасының түріне және қоршау элементтерін қалыптастыру әдісіне қарай жіктеледі. Қазақстан Республикасының аз қабатты құрылысында ең көп тараған жүйелер мынадай типтер болып табылады:

Қалау құрылымдары/конструкциясы (Кладочные конструкции) - кірпіштен, газдалған бетоннан немесе басқа ұсақ бөлшектерден жасалған тұтас қабырғалар. Негізгі артықшылығы — құрылыс технологиясының қарапайымдылығы, және қабырға қалыңдығы мен жылу көрсеткіштерін өзгерту мүмкіндігінде. Қалауға қолданылатын материалды дұрыс таңдау өте маңызды, себебі ол ғимараттың жылу тиімділігіне тікелей әсер етеді.

Каркасты (қаңқалы) конструкция – негізінде тірек қаңқасы (темірбетон, металл немесе ағаш), және бағандар арасындағы толтырулар жеңіл және әдетте жылу оқшаулағыш материалдардан қалыптасады.

Құрастырмалы (панельдік) конструкциялар. Олар зауыттарда панельдерден, көбінесе темірбетоннан, және ішкі жылу оқшаулаумен жасалып, құрылыс алаңында жиналады. Артықшылығы – құрылыс процестерінің жылдамдығында.

Монолитті конструкциялар – құрылыс алаңында арнайы қалып (опалубка) қойып, бетон құю арқылы жасалатын құрылым. Артықшылығы: тігіссіз, тұтас құрылым болуында, және жоғары беріктігінде.

Қазақстанның аз қабатты ғимараттар құрылысында қолданылатын түрлі конструктивті шешімдердің ішінде қалау конструкциялары ерекше орын алады. Бұл бірқатар факторларға байланысты:

- материалдардың қол жетімділігі (кірпіш, газдалған бетон);
- құрылыс технологиясының тиімділігі;
- ауыр техникасыз құрылыс процесінің мүмкіндігі және т.б.

Қалау конструкциясы бір уақытта тірек және қоршау, оқшаулау қызметін атқарады, яғни ғимараттың жылу сипаттамаларына тікелей әсер етеді. Қосымша жылу оқшаулағыш қабатты қажет ететін панельді немесе каркасты конструкциялардан айырмашылығы, қалау конструкциясында қолданылатын материалдың өзі жылу оқшаулау қызметін атқаруында.

Жылу тиімділігі тұрғысынан қалану технологиясы арқылы тұрғызылған қабырғалардың келесі ерекшеліктері бар:

- үй ішіндегі температура режимін тұрақтандыратын жоғары жылу инерциясы;
- материал таңдау кезіндегі үлкен вариативтілік;
- құрылымдық және жылу оқшаулау шешімдерін өзгертуге мүмкіндік береді (жылу оқшаулау қабатын қолдану не қолданбау мүмкіндігі).

Аз қабатты ғимараттардың сыртқы қабырғаларында қолданылатын (қаланатын) материалдар жылу өткізгіштігі, массасы, бу өткізгіштігі және жылуды сақтау, өткізу қабілеті бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Еліміздің тәжірибесінде толыққанды керамикалық кірпіш пен автоклавты газдалған бетон көп таралған. Кірпіш дәстүрлі түрде беріктік пен ұзақ қолданыс мерзіміне және жоғары жылу өткізгіштікке ие. Ал газдалған бетон кеуекті құрылымға ие және салмағы жеңілдігіне қарамастан жылу оқшаулау өнімділігіне ие болып табылады.

Қалау конструкциясының жылу тиімділігін бағалау және сыртқы қабырғаны (қаланатын негізгі материалды) оңтайлы таңдау үшін ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы» туралы нормативте көрсетілген талаптарды ескере отырып, әр материалдың жылу тиімділігін есептеу қажет. Ол үшін келесі формуланы негізге алған жөн:

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}$$

d_i - материалдың қалыңдығы (метрмен),

λ_i - материалдың жылу өткізгіштік коэффициенті (Вт/м·°C) [3].

Параметр	Кірпіш (қызыл)	Газдалған бетон (D500)
Қабырғаның қалыңдығы, мм	400	400
Қалыңдығы, м	0,4	0,4
Жылу өткізгіштігі, λ	0,76 (МемСТ/ҚР ҚН)	0,12 (ҚР ҚН 2.04-07-2022)

Керамикалық кірпіш көрсеткіші:

$$R = \frac{0,4}{0,76} = 0,526$$

Газдалған бетон көрсеткіші:

$$R = \frac{0,4}{0,12} = 3,33$$

Алматы қаласындағы сыртқы қабырғалар үшін көрсеткіш талабы:

$$R_{\text{треб}} = 2,8$$

Талдау көрсеткендей, конструктивті шешім мен қалау материалын дұрыс таңдау аз қабатты ғимараттардың сыртқы қабырғаларының жылу тиімділігіне тікелей әсер етеді. Жылу тиімділігін есептеу нәтижесінде газдалған бетон қалауы қосымша жылу оқшаулағыш материалынсыз да жылу қорғауды қамтамасыз ете алатындығын, ал сол қалыңдықтағы керамикалық кірпіштің жылу сипаттамасы едәуір төмен және қосымша жылу оқшаулағыш материалды қажет ететіндігін көрсетті. Осылайша, Қазақстан, Алматы жағдайында ғимаратты жобалау кезеңінде конструктивті шешімді, материалдардың жылу өткізгіштігін олардың нормативке сәйкестігін ескеру қажет.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы № 541-IV Заңы
2. Фокин К.Ф., Васильев Б.Р. Энергосбережение в строительстве. Москва: Стройиздат, 2012.
3. ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы»

РАЗРАБОТКА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Разработка бетонных смесей для 3D-печати — это многогранный процесс, включающий оптимизацию различных свойств материалов с целью удовлетворения специфических требований 3D-печати бетоном (3DCP). Этот процесс имеет ключевое значение для успешного применения 3DCP в строительстве, поскольку обеспечивает такие преимущества, как сокращение сроков строительства, снижение затрат и уменьшение воздействия на окружающую среду. Проектирование смеси для 3D должно учитывать баланс между подвижностью, устойчивостью слоёв и прочностью, а также аспекты устойчивого развития и возможность использования местных материалов. Ниже представлены основные направления разработки смесей для 3D-печати, основанные на данных современных исследований.

Проектирование и оптимизация смесей

Метод проб и ошибок: В исследовании [1] использовался метод проб и ошибок для определения оптимального состава бетонной смеси, пригодной для 3D-печати. Идеальная смесь включала 19% портландцемента, 23% золы-уноса, 7% микрокремнезёма, 13% доменного шлака (GGBS), 4% известняка и 0,22% суперпластификатора. Такая композиция обеспечивала хорошую экструзию и устойчивость при печати.

D-оптимальное планирование: В работе [2] использовалось D-оптимальное планирование экспериментов, что позволило сократить количество испытаний при сохранении высокого качества результатов. Такой подход обеспечивает эффективную проверку различных компонентов смеси, таких как типы цемента и добавки, с целью оптимизации свойств бетонных смесей для 3D-печати.

Экологичные и устойчивые смеси

Щелочно-активированные материалы (ААМ): В исследовании [3] рассматривалась возможность применения ААМ — материалов, полученных из побочных продуктов промышленности, таких как шлаки и GGBS, — в качестве экологически безопасной альтернативы портландцементу. Эти смеси обладали хорошей подвижностью и прочностью, что делает их перспективными для устойчивого 3D-строительства.

Грунтовые смеси: [4] разработали смеси на основе грунта, существенно снизив содержание цемента и уменьшив экологический след. Смеси с высоким содержанием почвы сохраняли приемлемую прочность на сжатие, что демонстрирует их потенциал в устойчивом строительстве.

Местные материалы: в рамках проекта 3D STAR акцент был сделан на использование местного сырья для разработки мелкозернистых цементных смесей, с возможностью их настройки и оптимизации в зависимости от этапа проекта.

Оценка характеристик

Долговечность, **механические свойства:** [5] исследовали долговечность смесей и механические свойства, включающих местные материалы, такие как мраморная пыль и осадки водохранилищ. Эти смеси показали высокую устойчивость к циклам увлажнения и высыхания, что делает их подходящими для 3D-печати, а также подчеркнули важность таких параметров, как прочность на сжатие и сцепление между слоями. Разработанная ими оптимальная смесь на основе цемента, золы-уноса, GGBS и кремнезёма демонстрировала повышенные прочностные характеристики по сравнению с аналогами.

Таким образом, несмотря на достижения в разработке смесей для 3D-печати бетоном, остаются нерешённые задачи по балансировке требований к подвижности, прочности и устойчивости. Продолжается интеграция новых материалов и методов оптимизации, предлагая перспективные решения для строительной отрасли. Однако необходимы дальнейшие исследования для полного понимания долговечности и экологических последствий применения этих инновационных смесей.

Список использованных источников:

1. Ambily, P. S., Rajendran, N., & Kaliyavaradhan, S. K. (2023). Mix design, optimisation and performance evaluation of three-dimensional printable concrete. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1–19. <https://doi.org/10.1680/jcoma.23.00077>
2. Ouellet-Plamondon, C. (2023). An Optimum Mix Design Method for 3D Concrete Printing Applications. *Rilem Bookseries*, 665–672. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33187-9_61
3. Luyten, K., Mohan, M. K., Sun, Y., Ghorbani, S., Matthys, S., & Van Tittelboom, K. (2024). Development of eco-friendly alkali-activated concrete for 3d printing. *Sustainable Construction Materials and Technologies*, 1, 361–375. <https://doi.org/10.18552/2024/scmt/134>
4. Čitek, D., Hurtig, K., KOLISKO, J., & Koteš, P. (2024). Cementitious material development for additive fabrication. *MM Science Journal*, 2024(3). https://doi.org/10.17973/mmsj.2024_06_2024040
5. Qureshi, M. U., Al-Shizawi, A., Al-Kindi, G., Al-Sawafi, B., & Al-Balushi, Y. (2024). Development of Additive for Concrete 3D Printer by Using Local Materials (pp. 81–89). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6368-3_8

МОНОЛИТТІ ҚҰРЫЛЫС КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ҚЫС МАУСЫМЫНДА БЕТОНДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Бұл хабарлама мақалада қыс мезгілінде тұрғызылатын монолитті құрылыс конструкцияларына күтім жасаудың негізгі талаптары қарастырылған. Құрылысшылардың құрылыс алаңдарында кездесетін негізгі проблемалары келтірілген. Қыс мезгілінде қолданылатын бетон қоспа түрлерінің электрофизикалық қасиеттері және олардың электр жылыту режимін таңдауға айтарлықтай әсер ететіні де сипатталған.

Құрылыс индустриясына ғылыми зерттеулердің нәтижелерін, практикалық тәжірибе мен заманауи материалдарды қорытындылауға жалпыла негізделген техникалық және технологиялық әзірлемелерді енгізумен ,монолитті ғимараттар мен құрылыстарды салу маусымдық сипаты тұрғыдан жыл бойына жұмыс істейтін жағдайлы процеске көшті, бұл күрделі құрылыс объектілерін пайдалануға берудің жеделдетілген қарқынын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Дегенмен, монолитті бетоннан және темірбетоннан ғимараттар салуда белгілі бір проблемалар әлі де бар екенін атап өткен жөн. Қыс мезгілінде,нөлдік төмен температурада тұрғызылатын монолитті бетон және темірбетон конструкцияларының сапасы мен қауіпсіздігі жұмыс өндірісінің технологиясын сақтауға байланысты екені анық.

Далалық бақылаулардың нәтижелерін қорытындылау жалпылама нәтижелері бойынша, монолитті құрылымдардың әртүрлі аймақтарындағы бетон термиялық өңдеу кезінде біркеліксіз жылынаатыны, ал шеткі жақ аймақтарда мерзімінен бұрын аязданып қату жиі тіркелетіні анықталды. Қыс мезгілі жағдайларына ұшыраған монолитті құрылымдардың көлденең қимасы бойынша температураның таралуы да ,біркелкі емес екені де белгілі.

Жаңадан төселген бетонда нөлік төмен температурада цементпен әрекеттеспеген су қатты күйге айналады да, бұл сусыз цементтің , минералдарымен химиялық реакциялардың тоқтатылуынан әкеледі де, гидратация тоқтайды және соның себебінен бетонның беріктігі де тоқтайды.Бұл кезде бетонда мұздың қысымы әсерінен, оның көлемінің ұлғаюынан (шамамен 9%) туындаған ішкі кернеулер дамиды. Бұл жағдайда, бетон ерте қатып қалса, мұз қысымының әсерінен, әлсіз кристал гидраттық байланыстар жойылады. Кейінірек, мұз еріген кезде су қайтадан реакцияларға қатысады, бетонның беріктігі жоғарылайды, бірақ бетондағы жойылған байланыстар толығымен қалпына келмейді .

Сондай-ақ, жаңадан төселген бетонның аяз салдарынан мұздануынан арматура мен толтырғыштың айналасында, мұз қабаттарының пайда болуымен, цемент қамыры, арматура мен толтырғыштан ажыратылуымен бірге жүретініне назар аудару керек, бұл көрініс, осы қалыптау матрицасыдағы құрылымдық элементтер арасындағы ілінісудің, ішінара немесе толық жоғалуына әкеледі.

Жоғарыда, аталған процестердің жиынтығы, бетонның физикалық-механикалық сипаттамаларының нашарлауына, конструкциялық элементтердің қаттылығы мен көтергіштігінің жоғалуына әкеледі

Қысқы бетондау әдістері

Әлбетте, бұл мәселені шешу үшін бетон «сыни дағдарыс» беріктікке ие болатындай жағдайларды қамтамасыз ету керек. Сондықтан қыс мезгілінде бетонның беріктігінің жоғарылауының қажетті жылдамдығын қамтамасыз ету үшін гидратациялық процестерді белсендіретін жағдайларды жасау қажет.

Қысқы бетондаудың бірқатар белгілі әдістері бар. Ең жиі қолданылатындары мыналарды қамтиды:

- қатуға қарсы қоспалары бар бетонды қолдану;
- термиялық өңдеу технологиялары (электрмен жылыту немесе әртүрлі жылу тасымалдағыштарды пайдалану);
- бетон қоспасын алдын ала қыздыру технологиясы.

Қысқы жағдайда бетонды қатайту үшін температуралық және ылғалдылық жағдайларын таңдау келесі әдістердің ішінен экономикалық және технологиялық негізділік негізінде жүзеге асырылады:

Термос әдісі. Құйылған бетонның бастапқы температурасын 5-тен 10 °С-қа дейінгі диапазонда қамтамасыз ету кезінде және одан кейін бетонның орташа температурасын осы диапазонда 5-7 күн бойы сақтау кезінде қолданылуы керек.

Мұздатуға қарсы қоспаларды қолданумен;

— бетонды электрлік термиялық өңдеумен (электродты қыздыру, индукциялық қыздыру және электр жылыту құрылғыларының әртүрлі түрлерін пайдалана отырып электр жылыту);

— ыстық ауамен бетонды жылытумен, жылыжайларда.

Жоғары сапалы темірбетонды алу үшін үш кезеңге бөлінген қыздыру температуралық режимін қатаң сақтау қажет:

- реттелетін температура көтерілу жылдамдығы;
- изотермиялық ұстау, оның ұзақтығы құрылым түріне байланысты (бетонның қажетті беріктігіне жеткенше қыздырылады). Әдетте, изотермиялық қыздыру сатысында бетонның сыни дағдарыс беріктігіне қол жеткізіледі;

— құрылымның реттелетін салқындату жылдамдығы кестесі.

— бетонның сыртқы қабаттары мен ауа температурасының айырмашылығын ескере отырып, қалыптарды кейіннен алып тастаумен конструкцияның реттелетін салқындату жылдамдығық кестесі.

Электр термиялық өңдеу әдістері

Электрлік термиялық өңдеу әдістерінің ішінде электродты қыздыру, индукциялық қыздыру және электр жылыту құрылғыларының әртүрлі түрлерін қолданатын электр жылыту ерекшеленеді. Электродты қыздыру ең көп қолданылады. Бетонды жылытуға төзімділігі жоғары электр сымдары шығаратын жылу арқылы қол жеткізіледі. Жылыту сымдары әдетте қатты темірбетон конструкциясын ішінен қыздыру үшін тікелей ендірілген. Электродтар немесе қыздыру сымдары бетон қоспасын төсеу және нығыздаудан кейін желіге қосылады.

Қорытынды

Практикалық тәжірибені қорытындылай келе, қысқы бетондаудың негізгі проблемалары әлі де бетонның қатаю температурасын бақылаудың болмауы (және, тиісінше, осы кезеңде беріктігін бақылау) және монолитті құрылымдарда бетонды жылыту технологиясының бұзылуы болып қала береді деп айтуға болады.

Төмен температурада құрылыс жағдайында нақты уақыт режимінде бетонның беріктігінің өсу динамикасын дұрыс бақылауды ұйымдастыру қиын екені сөзсіз.

Осыған байланысты бетон қажетті беріктікке ие болатын және қыздыруды қашан тоқтатуға болатынын, нақты уақытты белгілеу мәселесі туындайды. Бұл мәселені шешудің нақты нұсқаларының бірі, қалыптарды ажырата алып тастамас бұрын, бұзбайтын бақылау әдіс қолданатын құрылымға қол жеткізуді қамтамасыз ететін ,технологиялық саңылаулары бар жаңа қалып конструкциясын қолдануды қолға алу.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

1 Головнев С.Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития // Вестник ВолгГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». 2013. № 31(50) ч. 2. С. 529-534

2 Молодин В. В. Зимнее бетонирование строительных конструкций жилых и гражданских зданий в монолитном исполнении / В. В. Молодин, Е. К. Усинский // Изв. вузов. Стр.-во. - 2007. - № 6- С. 51-60.

3 Доладов Ю.И. Теория и методы зимнего бетонирования: учеб. пособ. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. 176 с.

4 СН РК 5.03-07-2013 «Несущие и ограждающие конструкции»

5 Ленская Л.И., Чугунов А.С. К вопросу снижения сроков твердения бетона при производстве сборных железобетонных конструкций // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Часть II: сб. науч. тр., 2014. - С. 208 – 21

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Промышленность Казахстана продолжает демонстрировать темпы развития. Внедрение современных технологий и автоматизация производственных процессов позволили значительно увеличить эффективность производства и повысить качество выпускаемой продукции. Промышленные предприятия внедряют энергоэффективные и экологические методы производства, способствующие устойчивому развитию отрасли. Рост экспортного потенциала страны подчеркивает важность промышленной политики в укреплении международных позиций Казахстана.

Проектирование промышленных зданий – сложный процесс, требующий учета технологических, экономических и нормативных требований. В отличие от гражданского строительства, здесь на первый план выходят функциональность, безопасность и эффективность эксплуатации. Существуют много методов проектирования промышленных зданий и у каждой страны она своя в зависимости от многих показателей. Проектирование промышленных зданий требует системного подхода, учитывающего как функциональные требования, так и экономические, экологические и энергосберегающие факторы.

Современное проектирование промышленных зданий требует комплексного подхода, сочетающего передовые технологии, инженерную точность и экономическую эффективность. В условиях глобализации особую значимость приобретает изучение международного опыта, в том числе практик, применяемых в таких странах, как Германия, США, Япония и Китай. Их подходы демонстрируют высокую степень технологичности, быструю адаптацию к изменениям, а также нацеленность на устойчивость и энергоэффективность.

Цель данной публикации - провести сравнительный анализ методов проектирования в этих странах и оценить возможности их применения в Республике Казахстан.

1. Анализ зарубежных практик проектирования.

1.1 Германия (BIM и модульное проектирование). В Германии широко применяется технология информационного моделирования зданий (BIM), позволяющая учитывать все этапы жизненного цикла объекта — от проектирования до эксплуатации. Использование модульных конструкций позволяет сократить сроки строительства до 30% и снизить затраты на 20%. Внедрение BIM повышает прозрачность и эффективность взаимодействия всех участников проекта.

1.2 Япония (антисейсмическое проектирование). Япония известна своими передовыми технологиями в области сейсмостойкого проектирования. Применяются демпфирующие системы, подвижные фундаменты и автоматизированные системы оценки сейсмической активности. Благодаря этому уровень разрушения промышленных объектов снижается на 60–70%, а эксплуатационная безопасность возрастает.

1.3 США (устойчивое проектирование и LEED-сертификация). В США акцент сделан на энергоэффективность и экологичность зданий. Сертификация по стандарту LEED позволяет не только уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, но и значительно снизить эксплуатационные затраты. Типичная экономия энергоресурсов достигает 30–35%.

1.4 Китай (быстровозводимые конструкции и индустриализация). Китай активно использует сборно-монолитные технологии и заводскую предварительную сборку элементов. Применение системных решений на базе национальных стандартов (GB Codes) позволило уменьшить сроки проектирования до 4 месяцев и снизить стоимость строительных работ на 25%. Промышленные здания стандартизированы, что позволяет использовать типовые решения.

2. Сравнительный анализ с казахстанскими стандартами

Сравнительные показатели исследования показаны в таблице - 1.

Таблица 1

Сравнительные показатели исследования

Показатель	Германия (BIM)	Япония (антисейсмика)	США (LEED)	Китай (индустр.)	Казахстан (традиц.)
Срок проектирования (мес)	6	8	7	4	10
Стоимость проектирования (млн тг/1000 м²)	12	14	15	9	10
Экономия при эксплуатации (%)	20	15	35	18	5
Уровень автоматизации (%)	85	70	90	75	25
Сейсмостойкость	Средняя	Очень высокая	Средняя	Средняя	Низкая

Пример расчетов:

Пример 1: Логистический центр в Алматы площадью 4000 м².

При использовании традиционного подхода проектирование заняло бы 10 месяцев, при бюджете 40 млн тг. При применении BIM и LEED: проектирование 7 месяцев, стоимость 48 млн тг. Экономия

эксплуатационных затрат за 5 лет составит 22 млн тг (освещение, отопление, вентиляция). Уровень автоматизации позволил бы сократить штат обслуживающего персонала на 20%.

Пример 2: Промышленный цех в Актобе по китайской модели (3000 м²). Срок разработки — 4 месяца. 60% работ выполнены вне площадки. Экономия на строительных работах составила 25% от традиционного бюджета. Снижение количества аварийных ситуаций в период монтажа — на 40%.

3. Рекомендации по внедрению в РК

На основании анализа можно сформулировать следующие рекомендации:

- Провести модернизацию казахстанских СНиПов с учётом международных стандартов BIM и GB Codes.
- Внедрять образовательные курсы для проектировщиков по технологиям информационного моделирования и устойчивого проектирования.
- Запустить пилотные проекты в городах с высоким промышленным потенциалом (Алматы, Астана, Шымкент).
- Привлекать зарубежных консультантов для наставничества и аудита качества.
- Адаптировать японские стандарты антисейсмического проектирования для регионов с повышенной сейсмической опасностью.

Внедрение международных подходов проектирования — это не просто технологическая адаптация, а трансформация всего процесса создания промышленных объектов. Казахстан обладает потенциалом интеграции в мировую инженерную школу при условии модернизации нормативной базы, подготовки кадров и реализации инновационных пилотных проектов. Изучение и применение лучших зарубежных практик обеспечит устойчивое развитие строительной отрасли и рост промышленной инфраструктуры страны.

Анализ международных практик показывает, что адаптация проверенных зарубежных методов в проектировании промышленных зданий способна повысить экономическую эффективность и безопасность отрасли. Казахстану важно не только заимствовать технологии, но и развивать собственную инженерную школу, интегрированную в мировое профессиональное сообщество.

Список использованной литературы:

1. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-polugodiya-razvitie-promyshlennosti-podderzhka-otechestvennogo-proizvodstva-i-sozдание-novykh-rabochikh-mest-28827>;
2. <https://hpbs.uz/services/leed-sertifikatsiia>;
3. <https://idfrk.kz/ru/products/state-programs/kontseptsiya-razvitiya-obrabatyvayushchey-promyshlennosti-respubliki-kazakhstan-na-2023-2029-gody/>;

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА И КАЧЕСТВА В СТРУКТУРУ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

На сегодняшний день строительная отрасль Казахстана является одной из самых динамично развивающихся сфер экономики. Для дальнейшего повышения эффективности в этом секторе необходимо внедрять меры, направленные на формирование устойчивой строительной культуры, повышение качества и безопасности продукции, развитие производственного потенциала, а также использование экологически чистых материалов и передовых технологий.

Второго сентября 2024 года президент Республики Казахстана, Касым-Жомарт Кемелевич Токаев, выступил в Акорде с посланием к народу страны, где рассказал о девяти пунктах, которые будут важны для страны и правительства в ближайшее время. Особо важными для нас являются третий и пятый пункты, где указано, что следует предпринять системные усилия для полноценного раскрытия промышленного потенциала страны и важно последовательно повышать кадровый потенциал страны. В этой статье мы рассмотрим примеры и показатели, которые помогают решить эти вопросы в той или иной мере.

Строительная отрасль, включая гражданское и промышленное строительство, играет важную роль в реализации этих приоритетов. Ведущие строительные компании страны, такие как BI-Group, Bazis-A и KPSP, уделяют всё больше внимания качеству предоставляемых услуг, повышению производительности труда, оптимизации затрат и укреплению репутации. Одним из наиболее эффективных инструментов в достижении этих задач стало внедрение системы менеджмента качества (СМК). СМК представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов, направленных на обеспечение стабильного качества продукции или услуг. В строительстве внедрение такой системы способствует соблюдению сроков, улучшению качества, снижению себестоимости и повышению удовлетворённости заказчиков.

На примере KPSP, KLMZ и Qarmet посмотрим результаты внедрения Системы менеджмента качества. KPSP (ТОО «Институт Карагандинский Промстройпроект») является одной из ведущих, диверсифицированных инжиниринговых компаний Казахстана. KLMZ (ТОО «Карагандинский литейно-машиностроительный завод») является одним из крупнейших машиностроительных заводов Казахстана и региона в целом. Завод имеет мощную производственную базу, что позволяет максимально точно удовлетворить запросы каждого заказчика при производстве изделий, начиная от воплощения идеи в проекте до момента сдачи готового объекта «под ключ». АО «Qarmet» крупнейшая казахстанская сталелитейная и горнодобывающая

компания, владеющая Карагандинским металлургическим комбинатом (г. Темиртау) крупнейшим сталелитейным предприятием Казахстана.

У KPSP, KLMZ и Qarmet есть следующие виды сертификации СМК:

1. ISO 9001 - «Сертификация системы менеджмента в области проектирования объектов промышленного, гражданского и жилищного строительства».

2. ISO 50001 - «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию».

3. ISO 45001 - «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению»

4. ISO 14001 - «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению».

Теперь рассмотрим что дала та или иная сертификация для вышеуказанных компаний. Показатели компании после внедрения СМК показана в таблице -1.

Таблица - 1

Показатели компании после внедрения СМК

Показатель	Ед.изм.	KPSP		KLMZ		Qarmet	
		До	После	До	После	До	После
Бумажный оборот	ед/мес	1200	240	12000	5000	25000	15000
Уровень дефектов	%	14	5,2	20	12	15	10
Стоимость переделок	млн.тг.	12	3	105	55	200	100
Участие в тендерах	кол.	6	10	10	15	14	25
Выигранных тендеров	кол.	2	6	6	10	8	14
Повторный заказ	%	20	42	35	55	60	75
Количество жалоб	кол.	12	3	55	35	120	100
Экономия средств	млн.тг.	12	25	50	70	100	300
Цифровизация	%	56	85	35	50	45	67
Сроки выдачи продукции	мес	2-3	1	3-4	2	5	3
Удовлетворенность заказчиков	%	78	86	55	68	63	77
Несчастные случаи (травмы,пожары)	кол.	2-3	0	15	7	33	20
Удовлетворенность работников	%	70	85	43	60	30	42
Производительность работников	%	+10	+15	+5	+12	+4	+8
Доходы компании	млрд.тг	5	10	27	44	118	205

1. Одним из основных эффектов от внедрения СМК является резкое снижение числа дефектов и переделок. До стандартизации процессов организация часто сталкивались с повторной переделкой, нарушениями технологии, отказами заказчиков на приёмку и дополнительными

затратами. После сертификации по ISO 9001 внедрила стандартизированные регламенты на ключевые процессы. Это позволило снизить уровень дефектов с 14% до 5,2% для KPSP; с 20% до 12% для KLMZ; с 15% до 10% для Qarmet.

2. Стандартизация процессов позволило точно распределять рабочее время, устранять дублирующие задачи и избегать простоев. Так, на строительстве внедрены принципы Lean-подхода: визуальные карты задач, ППП с распределением обязанностей, ежедневные планёрки с постановкой SMART-целей. По итогу производительность работника выросла с 10 % до 15% для KPSP; с 5% до 12% для KLMZ; с 4% до 8% для Qarmet.

3. В условиях конкуренции удержание клиента становится столь же важным, как и его привлечение. СМК предполагает регулярный сбор и анализ обратной связи, внедрение системы обработки обращений и корректирующих действий. Это привело к тому, что количество жалоб уменьшилась с 12 до 3 жалоб генеральному директору, также процент повторного заказа выросла с 20% до 42% для KPSP; с 35% до 55% для KLMZ; с 60% до 75% для Qarmet, ведь заказчикам нравится иметь дело со стабильной и ответственной компанией.

4. Компании внедрили СМК совместно с цифровыми решениями: электронный документооборот, онлайн-заявки на оказания услуг, автоматический контроль рабочих и техпроцессов. Внедрение сертификации, автоматизация, цифровизация и стандартизация документооборота позволило существенно облегчить и уменьшить количество бумажного оборота в месяц с 1200 до 240 ед/мес для KPSP; с 12000 до 5000 ед/мес для KLMZ; с 25000 до 15000 ед/мес для Qarmet.

По итогу всей отчетности видно, что внедрение сертификации СМК сыграло и сыграет важную и положительную роль в деятельности и услугах компании, таких как KPSP, KLMZ и Qarmet. Внедрение системы менеджмента качества не является формальностью, это инструмент стратегического развития компании, обеспечивающий устойчивость, эффективность и рост доверия со стороны партнёров. В условиях усиливающейся конкуренции в строительной и промышленной отрасли наличие СМК становится не преимуществом, а необходимостью. Внедрение этих систем и сертификации позволяет нашим компаниям конкурировать не только в отечественном рынке, но и в зарубежом; компании начинают котируются на ряду с топовыми представителями отрасли и выглядеть привлекательно в глазах потенциальных заказчиков и покупателей.

Список использованной литературы:

1. ; Гавриш В.В. Основы организации и управления в строительстве : учеб.пособие / В.В. Серватинский, Е.Ю. Янаев, - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019, - 268с;

2. <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-spravedlivyy-kazahstan-zakon-i-poryadok-ekonomicheskiiy-rost-obshchestvennyy-optimizm-285014>

3. <https://www.kpsp.kz/>;

4. <https://klmz.pro/> ;

5. <https://qarmet.kz/ru/>.

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ТӨМЕН КӨМІРТЕКТІ КЛИНКЕРСІЗ ЦЕМЕНТ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Цемент өнеркәсібі – климаттың өзгеруіне айтарлықтай әсер ететін көмірқышқыл газының негізгі көздерінің бірі болып табылады. Портландцемент өндірісінде экологиялық мәселелерді шешу мақсатында металлургиялық қалдықтарды, атап айтқанда, гранулданған доменді қожды (ГДҚ) пайдалану арқылы клинкерсіз цемент өндіру мүмкіндіктері зерттелетін болады. Бұл зерттеу барысында қождың химиялық және физика-механикалық қасиеттері, сілтілік активаторлардың әсері және алынатын цементтің құрылымдық ерекшеліктері қарастырылмақ. Алынатын нәтижелер негізінде клинкерсіз цемент экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді балама болатыны күтілуде [1].

Цемент өндірісінің қоршаған ортаға тигізетін әсері бүгінгі таңда аса өзекті мәселе болып табылады. Портландцемент өндірісінде клинкерді жағу кезінде көп мөлшерде CO_2 бөлініп, бұл экологиялық тұрақтылыққа қауіп төндіретін болады. Осыған байланысты баламалы цемент түрлерін әзірлеу бойынша ғылыми зерттеулер жүргізілетін болады. Металлургиялық қалдықтар, соның ішінде гранулданған доменді қож, жоғары гидравликалық белсенділігімен перспективалы шикізат көзі ретінде қарастырылатын болады [2].

Бұл зерттеу жобасы аясында гранулданған доменді қожды пайдалану арқылы клинкерсіз цемент өндірудің ғылыми және технологиялық негіздері зерттеліп, алынатын материалдың қасиеттері бағаланатын болады. Зерттеу барысында келесі міндеттер қойылатын болады:

- гранулданған доменді қождың химиялық құрамы мен физикалық құрылымын анықтау;
- сілтілік және сульфатты активаторлар арқылы цементтік композиция дайындау;
- алынатын цементтің қысымға беріктік, су сіңіргіштік және ұстасу уақытын зерттеу;
- экологиялық және экономикалық артықшылықтарын бағалау.

Зерттеу барысында гранулданған доменді қождың химиялық құрамы (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO) талданып, оның физикалық құрылымы мен гидравликалық белсенділігі анықталатын болады. Сілтілік активаторлар ретінде NaOH және Na_2SO_4 қолданылатын болады. Цемент үлгілері дайындалып, олардың 28 тәуліктік қысымға беріктік, су сіңіргіштік, ұстасу уақыты анықталатын болады. Фазалық құрамды зерттеу үшін рентгенфазалық талдау әдісі қолданылатын болады [3]. Алынатын

нәтижелер цементтің физика-механикалық қасиеттері мен құрылымын жақсарту үшін қажетті қоспалардың оңтайлы пропорцияларын анықтауға мүмкіндік береді. 1-суретте өндірістік процестің кезеңдері көрсетіледі.



1-сурет – Өндірістік процестің схемасы

Гранулданған доменді қож негізіндегі цементтер сілтілік активаторлармен өңдеу нәтижесінде жоғары гидравликалық белсенділік көрсетеді деп күтілуде. 28 тәулікте қысымға беріктік 50–60 МПа жетіп, дәстүрлі М500 портландцементімен салыстырмалы болмақ. Цемент құрылымы тығыз болып, су сіңіргіштік төмендеуі күтілуде. Ұстасу уақыты дәстүрлі цементтерге қарағанда ұзағырақ болғанымен, бұл артықшылық ретінде қарастырылатын болады. Бұл цементтің конструкциялық қасиеттерін одан әрі зерттеу қажеттілігін туындатады.

Экологиялық тұрғыдан, клинкерсіз цемент өндірісі CO₂ шығарындыларын 40–50%-ға төмендетуге мүмкіндік беретін болады. Осылайша, бұл технологияның көміртегі ізін азайтуға қосар үлесі зор болмақ. Сонымен қатар, қалдықтарды қайта өңдеу полигондарға түсетін жүктемені азайтуға ықпал етеді. Қалдықтарды қайта өңдеу нәтижесінде материалды тұтынудың тұрақтылығын қамтамасыз етуге болады. Бұл өндірістік процестердің экологиялық тиімділігін арттырады [4].

Экономикалық тұрғыдан, бұл әдіс өндіріс шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді, әсіресе шикізат қоры мол аймақтарда. Бұл жаңа цемент түрінің нарыққа енгізілуі, әсіресе экологиялық стандарттарға сәйкес келетін

құрылыс материалдарын талап ететін елдерде, тиімді экономикалық шешім болады деп күтілуде [5].

Жоба барысында Qarmet мекемесінің қалдығы алынатын болады. Qarmet - Қазақстандағы жетекші металлургиялық кәсіпорындардың бірі болып табылады және қара металлургия өнімдерін өндірумен айналысады. Оның өндірістік қызметі барысында айтарлықтай көлемде металлургиялық шлактар мен күл-қож қалдықтары пайда болады. Бұл қалдықтар құрамында кальций, кремний, алюминий және магний оксидтері секілді цемент өндірісіне қажетті компоненттер мол мөлшерде кездеседі. Аталған компоненттер клинкерсіз цемент өндіру үшін қолданылатын негізгі реагенттермен тиімді әрекеттесіп, гидравликалық белсенділік көрсетеді деп күтілуде.

Qarmet қалдықтарын зерттеу бұл материалдың химиялық тұрақтылығын, фазалық құрамын және құрылымдық ерекшеліктерін нақтылауға мүмкіндік береді. Алынатын шлактардың дисперстілігі, активтілігі мен экологиялық қауіпсіздігі зерттеліп, оларды тиімді әрі тұрақты шикізат ретінде пайдалану көзделеді. Сонымен қатар, Qarmet мекемесі экологиялық жауапкершілік қағидаттарына сәйкес қалдықтарды қайта өңдеу мен кәдеге жарату мәселелеріне ерекше назар аударып келеді. Осы жоба аясында бұл мекеменің өнеркәсіптік қалдықтарын құрылыс материалдары өндірісіне тарту арқылы ресурстық циклдің тұйықталуы қамтамасыз етіліп, қалдықсыз технологияны дамытуға үлес қосылатын болады.

Қорытындылай келе, гранулданған доменді қож негізінде клинкерсіз цемент өндіру экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді технология болмақ. Зерттеу нәтижелері алынатын цементтің жоғары физика-механикалық қасиеттерге ие екенін және құрылыс индустриясында дәстүрлі портландцементті алмастыруға қабілетті екенін көрсететін болады. Қосымша зерттеулер мен нормативтік-құқықтық базаны толықтыру арқылы бұл материалдардың кеңінен қолданылуына мүмкіндік туатын болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ши Ц., Хименес А.Ф., Паломо А. Сілтімен активтендірілген қож негізіндегі жаңа цементтер. *Cement and Concrete Research*, 2006; 36(6):1222–1231.
2. ГОСТ 31108-2020. Цементтер. Техникалық шарттар.
3. Juenger M.C.G., Winnefeld F., Provis J.L. Alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*, 2011; 41(12):1232–1243.
4. Davidovits J. Geopolymer cement. *Journal of the World GeoPolymer Congress*, 2005.
5. Siddique R., Chahal S. Utilization of industrial by-products for the production of green concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 2012; 35:270–278.

РАЦИОНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ: ВСТРОЕННОЕ ОСНОВАНИЕ КОЛОННЫ В ФУНДАМЕНТ

В условиях сейсмической активности обеспечение устойчивости и ремонтпригодности зданий приобретает первостепенное значение. Несмотря на соответствие современных сооружений строительным нормам, остаточные деформации, возникающие в элементах конструкций после землетрясений, зачастую становятся причиной их последующего сноса. Одним из критически важных узлов, влияющих на сейсмостойкость зданий, являются соединения оснований колонн с фундаментом. Особый интерес представляют встроенные соединения, при которых колонна интегрируется в тело бетонного фундамента, обеспечивая надежную передачу усилий и высокую пространственную жесткость. Схема представлена на рисунке 1.

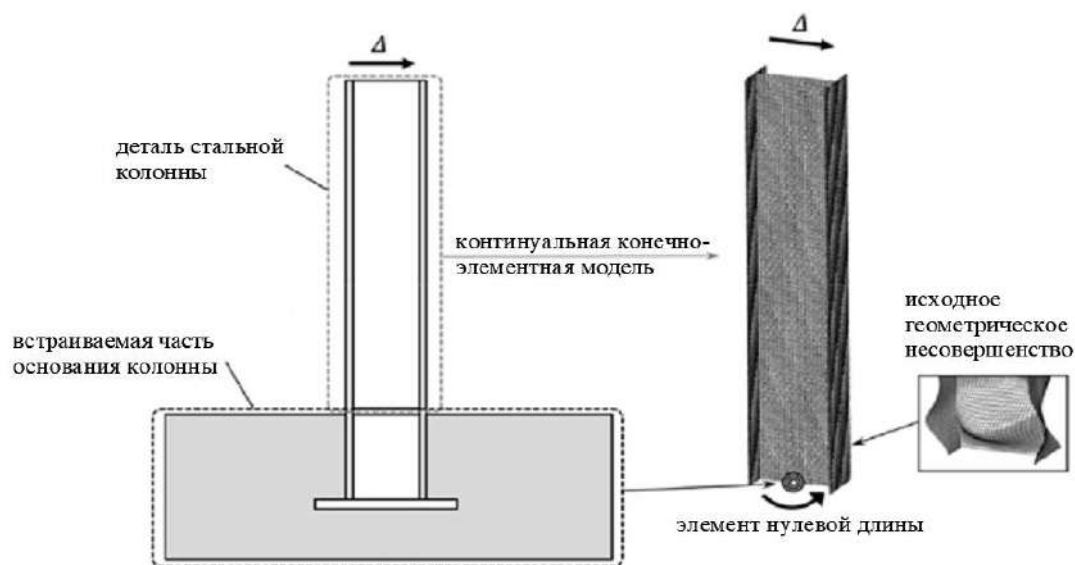


Рисунок 1 - Схематическое изображение модели соединения основания встроенной колонны

Встроенные соединения отличаются от традиционных открытых соединений тем, что передача моментов и усилий происходит не только через анкерные болты, но и за счёт прямого взаимодействия колонны и фундамента. Это позволяет уменьшить размеры опорной плиты и диаметр анкерных болтов, что особенно актуально в условиях ограниченного строительного пространства. Встроенные соединения способны эффективно воспринимать осевые сжимающие и растягивающие силы, моменты и сдвиги, возникающие в результате сейсмических воздействий.

Эксперименты, проведённые зарубежными исследователями, подтверждают высокую эффективность встроенных соединений колонн. В частности, работы Grilli, Kanvinde и др. показали, что даже при значительных циклических деформациях встроенные соединения сохраняют свою несущую способность [1]. Также актуальны исследования встроенных соединений колонны и фундамента (Torres Rodas и др.), которые позволяют более точно моделировать их работу в расчётах [2].

Одним из нормативных источников, в котором описана данная технология и проведен расчет является третье издание AISC Design Guide 1, которое расширяет традиционные подходы к проектированию соединений колонн с фундаментами [3]. В нём представлены рекомендации по моделированию, расчёту, размещению анкеров и разработке прочностных моделей. Этот документ служит основой для внедрения встроенных соединений в практику сейсмостойкого проектирования.

Для комплексной оценки эффективности метода встроенного соединения основания колонны в фундамент выполнено сравнение с другими методами сейсмозащиты: резинометаллическими, пружинными и маятниковыми опорами. В таблице 1 представлены данные по стоимости, долговечности, устойчивости к коррозии и температурным воздействиям.

Таблица 1

Анализ применения сейсмической защиты фундаментов

Показатель	Резинометаллические опоры	Пружинные опоры	Маятниковые опоры	Метод встроенного основания колонны в монолитный фундамент
Стоимость (тенге)	45000-70000	30000-50000	80000-120000	15000-25000
Долговечность	25–30 лет (в зависимости от условий эксплуатации)	15–20 лет (при правильном уходе и защите)	30–40 лет (при регулярном обслуживании и правильной эксплуатации)	50 лет и более
Устойчивость к внешним воздействиям	от минус 40°C до плюс 60°C	от минус 20°C до плюс 50°C	от минус 30°C до плюс 60°C	от минус 50°C до плюс 70°C
Устойчивость к коррозии	Требуется антикоррозионной обработки, срок защиты до 15 лет	Требуется защиты от коррозии, срок защиты 5–10 лет	Требуется защиты от коррозии, срок защиты 10–20 лет	Устойчивость к коррозии высокая
Применение	до 9 баллов	до 8-9 баллов	9+ баллов	До 7-8 баллов

Сравнительный анализ различных систем сейсмозащиты показал, что именно метод встроенного основания колонн является оптимальным выбором при массовом строительстве, особенно в условиях умеренной сейсмической активности (до 7–8 баллов). Его ключевыми преимуществами являются высокая надежность, длительный срок службы (более 50 лет), а также устойчивость к экстремальным температурным и агрессивным воздействиям окружающей среды при низкой себестоимости реализации. Он отличается простотой конструктивного исполнения, доступностью материалов и возможностью широкого применения для зданий различного назначения.

Альтернативные методы, такие как резинометаллические, маятниковые и пружинные опоры, обладают определёнными преимуществами, но в то же время сопровождаются существенными ограничениями. Например, резинометаллические опоры представляют собой универсальное решение и обеспечивают повышенную степень сейсмозащиты, но их стоимость значительно превышает затраты на реализацию встроенного основания колонн.

Маятниковые системы сейсмозащиты являются наиболее технологичными, но и самыми дорогостоящими и сложными в проектировании и эксплуатации. Они находят применение, как правило, в уникальных или высотных зданиях, где требования к сейсмостойкости особенно высоки. Такие системы требуют точной настройки, постоянного технического обслуживания и высокой квалификации проектировщиков.

Пружинные опоры, в свою очередь, обладают сравнительно невысокой стоимостью и могут быть использованы в условиях средней сейсмической активности. Однако их эксплуатация сопряжена с необходимостью регулярного контроля и замены пружинных элементов, что увеличивает расходы на техническое обслуживание и снижает общую экономическую эффективность решения.

На этом фоне метод встроенного соединения основания колонн с фундаментом выглядит наиболее сбалансированным решением с точки зрения совокупности технических, эксплуатационных и экономических показателей. Он обеспечивает надёжную передачу усилий, уменьшает потребность в массивных железобетонных элементах, упрощает монтажные работы и снижает общую трудоёмкость строительства.

Список использованных источников:

1. Grilli D., Jones R., Kanvinde A. Seismic Performance of Embedded Column Base Connections Subjected to Axial and Lateral Loads. *Journal of Structural Engineering*. 2017. 143. 5. Pp. 04017010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001741](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001741).
2. Rodas P.T., Zareian F., Kanvinde A. Rotational Stiffness of Deeply Embedded Column–Base Connections. *Journal of Structural Engineering*. 2017. 143. 8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001789](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001789).
3. Design Guide 1: Base Connection Design for Steel Structures (Third Ed.) /A. Kanvinde, M. Maamouri и J. Buckholt; American Institute of Steel Construction: AISC, 2024. – 220 p.

БУДУЩЕЕ АРХИТЕКТУРЫ КАЗАХСТАНА И СОХРАНЕНИЕ КУЛЬТУРНОГО КОДА ГОРОДОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Архитектура Средней Азии имеет богатый национальный колорит, включает исторические памятники традиционной архитектуры и здания 40-50 х годов, выполненные в этническом стиле, а также здания эпохи советского модернизма.

Высокие темпы мирового технологического развития и глобализация экономики влияют на современную архитектуру, делая ее более однообразной, а города похожими друг на друга. Это лишает индивидуальности средовое содержание, обедняет эмоциональное восприятие и понимание культурного кода города и страны.

Целью данного научного исследования является сохранение национальных традиций и культуры в современной архитектуре Казахстана, создание нового образа города, совмещающего современные технологии и национальную культуру.

В ходе анализа памятников архитектуры, были выявлены наиболее яркие проекты, ставшие частью облика городов Средней Азии.

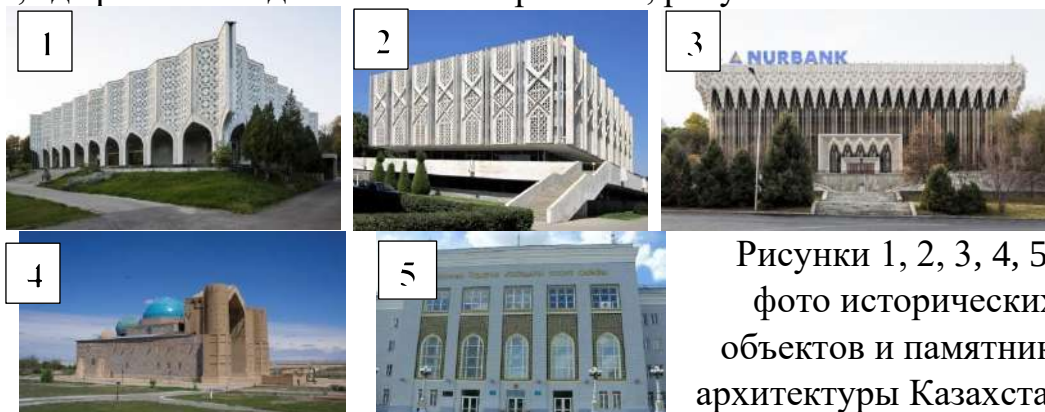
Например, «Сейсмическая архитектура Узбекистана» здание - Выставочный зал Союза художников Уз ССР в Ташкенте, построен в 1974 году. Особенностью его архитектуры стали фасады, стилизованные под пештак – большой арочный портал, рисунок 1. Авторы архитекторы: [Хайрутдинов Р.](#), [Турсунов Ф.](#), [Мельников Б.](#), [Девликамова Ф.](#), инженеры Тасман Е., Плацман Е. [1].

Интересна архитектура музея Ленина в Ташкенте, который был построен в 1970 году к столетию В.И. Ленина, сейчас в здании располагается Государственный музей истории Узбекистана. Кубический объем здания содержит элементы орнамента на перфорированных панелях фасада, стилистика модернизма подчеркивает геометричность рисунка, создает атмосферу светотени, защищая от солнца интерьер, рисунок 2, [2].

На рисунке 3 показан - Аппаратно-студийный комплекс Казахского телевидения в Алматы, который был построен в 1983 году, архитекторы: А. Коржемпо, Н. Эзау, В. Панин [1]. Особенностью здания является сложный карниз, нависающий над витражами в виде сталактитов, элементов широко используемых в азиатской архитектуре мавзолеев и мечетей. В противовес тяжелому карнизу весь периметр здания опоясывает легкий витраж из алюминиевых переплетов. Здание имеет простую прямоугольную форму и двусветное фойе [4].

Самым известным историческим памятником архитектуры Казахстана является мавзолей Ходжи Ахмета Ясави. Мавзолей возведен по

велению эмира Тимура (Тамерлана) в период с 1385 по 1405 гг., в честь известного на Востоке суфийского поэта и проповедника Ахмета Ясави на месте, где ранее находилось его захоронение, рисунок 4.



Рисунки 1, 2, 3, 4, 5 –
фото исторических
объектов и памятников
архитектуры Казахстана и
Узбекистана

Мавзолей представляет собой внушительный мемориальный комплекс с мощными стенами и самым большим куполом в Центральной Азии, строительство мавзолея велось по передовым технологиям своего времени. Фасады украшают орнаментальные и растительные узоры, преобладают голубой, бирюзовый, ультрамариновый и бежевый цвета, характерные для исламской культуры. Исторический памятник является популярной достопримечательностью города Туркестан и Казахстана.

Основой для многих зданий советского периода становились памятники истории. Дворец спорта имени Нуркена Абдирова выполнен в историческом национальном стиле псевдоклассицизма. Здание расположено на пересечении бульвара и центральной улицы города Бухар-Жырау в городе Караганде. Здание было построено в 1958 г., архитектор И. И. Райкин. Бульвар и дворец носят имя летчика и Героя Советского Союза, сержанта Нуркена Абдирова, рисунок 5 [3].

Следует отметить, что интерпретация национального стиля в архитектуре проводилась на протяжении десятилетий, успешно соединяя псевдоклассику 1950-х годов и модернизм 1970-х и 80-х с элементами и материалами традиционной архитектуры: мозаика, арочные проемы, цвета, орнаментальная лепнина, простые и четкие формы зданий.

В результате проработки концепции по теме научного исследования в рамках дипломного проектирования, была предложена идея комплексной застройки участка (рисунок 6), включающей жилой комплекс с вариативной этажностью (9–12 этажей), а также гостиничный комплекс, состоящий из трёх функциональных блоков — бизнес-центра, СПА-комплекса и гостиницы (рисунок 7). Архитектурная концепция ориентирована на национальные мотивы, устойчивое проектирование и создание комфортной городской среды.

Дизайн фасадов и стилевое решение декора имеют ключевое значение для нового подхода к формированию эстетики национальной

архитектуры. Концепция нового архитектурного стиля должна решить проблему безличности и однообразия унифицированных решений в пользу индивидуального подхода и включения этнических элементов региона.

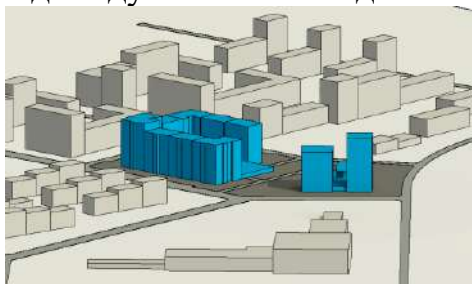


Рисунок 6 - Общий вид застройки участка

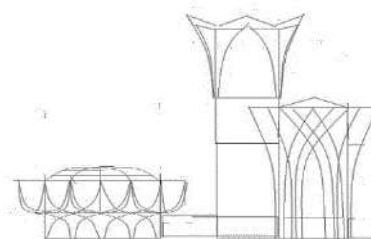


Рисунок 7 - Эскиз гостинично-делового комплекса со СПА зоной

Для этих целей были исследованы памятники национальной архитектуры различных эпох. Восточная арка — наиболее широко применяемый и узнаваемый элемент архитектуры Средней Азии, именно этот элемент было решено широко использовать в декоре фасадов жилого комплекса и гостиницы, рисунок 8.

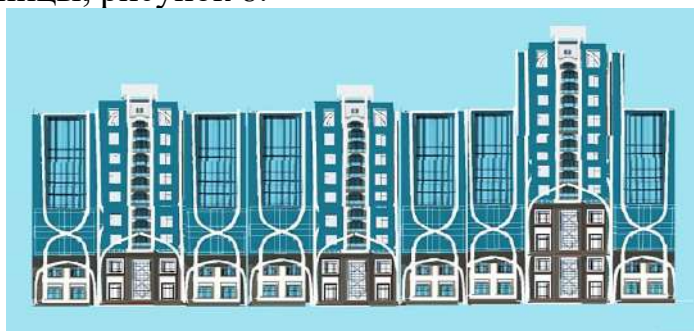


Рисунок 8 — Эскиз жилого комплекса с использованием арочного элемента в декоре фасада

Основными направлениями в изучении аналитического материала являются: элементы фасадов: входные группы, окна, элементы карнизов, лепнина и мозаичный декор; дополнительный декор: ставни, перила, дверное полотно и т.д.; принципы объемно-планировочного решения; цвет, фактура, отделочные материалы

Научное исследование позволило сформировать теоретическую и аналитическую базу, необходимую для последующей разработки проекта. Результаты анализа подтвердили актуальность выбранной темы и потенциал проектной территории для реализации современных архитектурных решений, отражающих как функциональные, так и культурные особенности региона.

Список используемых источников:

1. Archi.ru. Советский регионализм URL: <https://new.archi.ru/world/83609/sovetskii-regionalizm>;
2. Mydecor. Десять шедевров советского модернизма в Ташкенте. URL: <https://mydecor.ru/news/architecture/10-shedevrov-sovetskogo-modernizma-v-tashkente/?ysclid=m8ab47iow419916036>;
3. tonkosti.ru Мавзолей Ходжи Ахмета Ясави; 4.ARCH.CODE. Телецентр. URL: <https://archcode.kz/objects/view?id=29&ysclid=m8ae6b2uei922004485>

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Современные условия хозяйствования требуют эффективного и рационального использования земельных ресурсов, особенно в пределах промышленных зон. Рост городов, развитие транспортной и производственной инфраструктуры усиливает потребность в точном пространственном планировании и оптимизации землепользования. Одним из наиболее перспективных инструментов в этой сфере являются геоинформационные системы (ГИС), позволяющие осуществлять многослойный анализ территорий, моделирование будущего использования земель, а также мониторинг изменений в реальном времени.

Геоинформационные системы (ГИС) становятся неотъемлемой частью современного пространственного планирования, особенно в сфере проектирования и рационального использования промышленных территорий. Эти цифровые инструменты позволяют комплексно анализировать территориальные ресурсы, учитывать правовые, экологические и инженерные аспекты при принятии решений.

Одним из главных преимуществ использования ГИС в промышленной сфере является возможность многослойного отображения пространственной информации. Это позволяет учитывать сразу несколько факторов: расположение инфраструктуры, источников загрязнения, зон санитарной охраны, логистических маршрутов и других объектов, влияющих на проектные решения.

С помощью ГИС можно формировать цифровые топографические и кадастровые карты, проводить пространственный анализ для выбора оптимальных площадок под размещение новых объектов. Также возможно моделирование сценариев развития территорий, что особенно важно при расширении существующих промышленных зон или при планировании новых индустриальных кластеров.

В промышленной практике ГИС-технологии широко используются при подготовке землеустроительной документации, согласовании границ участков, анализе природных и техногенных рисков. Автоматизация расчётов и высокая точность пространственных данных значительно сокращают сроки проектирования и минимизируют человеческий фактор.

Еще одним важным направлением является интеграция ГИС с системами мониторинга. Это позволяет в режиме реального времени отслеживать изменения в состоянии земельных участков, уровень воздействия на окружающую среду, нарушения в зонах промышленного

назначения. На основе этих данных возможно оперативное реагирование и корректировка планов использования территории.

Особенно актуально применение ГИС в условиях цифровой трансформации экономики. Геоинформационные платформы становятся основой для создания «умных» промышленных парков, где управление землепользованием происходит с использованием автоматизированных систем и цифровых двойников объектов.

Кроме того, с помощью ГИС можно обеспечить прозрачность данных и их доступность для инвесторов, государственных структур и общественности. Это способствует повышению инвестиционной привлекательности промышленных зон и улучшению взаимодействия между участниками процессов пространственного планирования.

Развитие отечественных ГИС-платформ, таких как QazGeo (Казахстан), а также интеграция с международными системами (например, ArcGIS, QGIS) способствует унификации подходов в проектировании и управлении промышленными территориями на уровне регионов и всей страны.

Таким образом, применение геоинформационных систем в сфере проектирования и оптимизации промышленных земель представляет собой инновационный подход, обеспечивающий точность, эффективность и устойчивость пространственного развития.

Применение ГИС-технологий в проектировании промышленных земель позволяет не только повысить эффективность использования территории, но и обеспечить экологическую безопасность, минимизировать конфликтные ситуации между землепользователями и улучшить процессы принятия решений.

Роль ГИС в проектировании промышленных территорий. Геоинформационные системы представляют собой совокупность программных, аппаратных и информационных ресурсов, предназначенных для сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации пространственных данных. В контексте промышленных территорий ГИС используется для:

- анализа текущего использования земель;
- оценки геологических, экологических и инженерных условий;
- выявления оптимальных площадок под застройку или реконструкцию объектов;
- планирования инженерных коммуникаций и транспортных сетей;
- учета санитарных, экологических и правовых ограничений.

Примером может служить проектирование нового промышленного кластера: с помощью ГИС-анализа учитываются рельеф, близость к коммуникациям, наличие охраняемых природных зон и санитарных разрывов. Это позволяет сформировать наиболее рациональную схему размещения объектов.

Процесс внедрения ГИС в землеустройство промышленных зон условно можно разделить на несколько этапов:

Этап	Описание
Подготовка данных	Сбор картографической, кадастровой и спутниковой информации
Пространственный анализ	Выявление ограничений и возможностей для застройки
Моделирование и проектирование	Создание вариантов планировочных решений
Оценка и визуализация	Представление проектов в 2D/3D формате, проведение оценок рисков
Мониторинг	Отслеживание изменений на территории, обновление баз данных

Эти этапы могут быть реализованы в едином программном комплексе, например, ArcGIS, QGIS, MapInfo или отечественных платформах вроде GeoMixer и ГеоГраф.

В Казахстане и странах СНГ уже реализованы проекты, где ГИС активно применяется в промышленном землеустройстве. В Астане при проектировании индустриального парка использовалась многослойная ГИС-модель, включающая данные о рельефе, инженерных сетях, санитарных зонах и зонах экологического риска. Это позволило избежать конфликтов при размещении потенциально опасных производств.

Геоинформационные системы являются мощным инструментом в руках специалистов по землеустройству, особенно в контексте проектирования и оптимизации использования промышленных территорий. Они позволяют комплексно подходить к анализу и планированию, избегать дорогостоящих ошибок и способствуют устойчивому развитию территорий. В условиях цифровизации экономики применение ГИС-технологий становится не просто желательным, а необходимым элементом управления земельными ресурсами.

Список использованных литератур

1. Бакланов П. Я., Герасимов С. М. Геоинформационные технологии в управлении землепользованием. – М.: Академия, 2021. – 232 с.
2. Назарбаев М. К., Омаров С. Е. ГИС в планировании промышленных зон: опыт Казахстана. // Вестник геодезии и картографии, 2022, №4. – С. 34–40.
3. Esri. Using GIS for Industrial Land Development. – Redlands, CA: Esri Press, 2020. – 118 p.
4. Кусаинов Б. С., Төлеуова А. А. Цифровая кадастровая система и её внедрение в промышленное землеустройство. // Земельный вестник Казахстана, 2023, №2. – С. 17–22.
5. Дмитриев А. В. Применение ГИС в территориальном планировании и градостроительстве. – М.: Геосистема, 2021. – 145 с.

ӨНЕРКӘСІПТІК АЙМАҚТАРДАҒЫ ЖЕРГЕ ОРНАЛАСТЫРУ ПРОЦЕСТЕРІН ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ ЖЕТІЛДІРУ

Қазіргі таңда цифрлық технологиялардың дамуы әртүрлі салаларға жаңаша серпін беріп отыр. Соның бірі – жерге орналастыру. Әсіресе, өнеркәсіптік аймақтарда жер ресурстарын тиімді басқару – ел экономикасын дамытудың маңызды элементтерінің бірі болып саналады. Бұл салада геоақпараттық жүйелер (ГАЗ), спутниктік қадағалау, дрондар, цифрлық кадастрлар және 3D модельдеу технологиялары кеңінен қолданылуда. Бұл құралдар жерге орналастыру процестерінің дәлдігін, жылдамдығын арттырып, адами фактордың әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

Өнеркәсіптік аумақтардың ерекшеліктері. Өнеркәсіптік аймақтар тұрғын емес, өндіріс нысандары шоғырланған, жиі техникалық және экологиялық талаптарға сай аймақтар болып табылады. Мұндай аумақтарда жерді орналастыруда міндетті түрде мынадай аспектілер ескеріледі: санитарлық-қорғау аймақтары, көлік және инфрақұрылым желілері, жер асты коммуникациялары, өндірістік қалдықтарды басқару жүйелері. Цифрлық технологиялар бұл деректердің барлығын бір жүйеге біріктіріп, интеграцияланған түрде талдауға жол ашады.

Цифрлық технологиялардың рөлі. ГАЗ жүйелері арқылы жер учаскелерінің шекаралары нақты белгіленіп, олардың пайдаланылуы, нысаналы мақсаты, инженерлік инфрақұрылымы туралы ақпараттар көрнекі түрде беріледі. Сонымен қатар дрондар арқылы жоғары сапалы аэротүсірілімдер жасау – топографиялық мәліметтерді жылдам әрі дәл жинауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл әсіресе рельефі күрделі немесе қолжетімсіз аймақтарда өте тиімді.

3D модельдеу – болашақ инфрақұрылымдық нысандардың орналасуын нақты болжауға және визуализация арқылы жобалық шешімдердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Ал автоматтандырылған кадастрлық жүйелер мен «электрондық жер» платформалары барлық деректерді ашықтықпен басқаруға жол ашады.

Өнеркәсіптік жерлерді басқарудың тиімді жолдары. Цифрлық технологиялардың көмегімен мынадай оңтайландыру тәсілдері жүзеге асырылады:

- Жер учаскелерін сандық картада көрсету және автоматты жаңарту
- Жерге орналастыру жобаларын қашықтан дайындау
- Инженерлік желілер мен экологиялық шектеулерді интеграциялау
- Жер мониторингі мен пайдалану тиімділігін бағалау

Қазіргі уақытта цифрлық технологиялар жерге орналастыру саласында елеулі өзгерістерге себеп болуда. Бұл өзгерістер әсіресе өнеркәсіптік аймақтарда өте маңызды, себебі мұнда жер учаскелерін тиімді басқару, заңды рәсімдеу және инфрақұрылыммен үйлестіру шешуші рөл атқарады.

Жерге орналастыру процесін жетілдіру үшін геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), цифрлық кадастр, дрон түсірілімдері, 3D моделдеу, қашықтықтан зондтау (ДЗЗ), бұлтты технологиялар және жасанды интеллект секілді заманауи шешімдер қолданылады. Бұл технологиялар жер учаскелері туралы мәліметтерді нақты, уақтылы және кеңістіктік тұрғыда талдауға мүмкіндік береді.

ГАЖ негізінде өнеркәсіптік аймақтың инфрақұрылымы, шекаралары, санитарлық қорғау аймақтары, жол және көлік желілері бір электрондық картада шоғырланып, инженерлік шешімдер қабылдауға септігін тигізеді. Жерге орналастыру жобасын жасау кезінде геокеңістіктік қабаттардың көмегімен жердің ең тиімді пайдалану нұсқалары таңдалады.

Цифрлық кадастр жүйелері әрбір учаскенің шекарасын дәл анықтап, меншік құқығы, пайдалану мақсаты және заңдылық аспектілерін нақтылайды. Бұл автоматтандырылған шешімдер адам факторын азайтып, ашықтықты арттырады және сыбайлас жемқорлықтың алдын алуға жағдай жасайды.

Қашықтықтан зондтау арқылы алынған жер серігі немесе дрон суреттері өндірістік нысандардың шекараларына, экологиялық әсерлеріне және кеңістіктік динамикасына баға беруге мүмкіндік береді. Бұл деректер жерге орналастыру құжаттарын жаңарту кезінде өте құнды ақпарат көзі бола алады.

Цифрлық технологиялар процесті жылдамдату мен автоматтандыруда маңызды рөл атқарады. Бұрынғыдай қағазбастылықтан арылып, электронды құжат айналымына көшу жобалау мен келісу мерзімін қысқартады. Сонымен қатар, бұл технологиялар арқылы бірнеше ведомстволық ұйымдар арасында деректермен алмасу жеңілдейді, үйлестіру күшейеді.

Төмендегі кестеде дәстүрлі және цифрлық тәсілдердің салыстырмалы тиімділігі көрсетілген:

Көрсеткіш	Дәстүрлі әдіс	Цифрлық технологиялар арқылы
Мәлімет жинау уақыты	Ұзақ (апталар, айлар)	Жылдам (сағаттар, күндер)
Деректер дәлдігі	Орташа	Жоғары

Құжаттарды рәсімдеу	Қағаз түрінде, баяу	Электронды, жедел
Адам ресурстарына тәуелділік	Жоғары	Төмен
Мониторинг және бақылау	Сирек жүргізіледі	Тұрақты, нақты уақытта

Қорытынды. Цифрлық технологиялар – жерге орналастыру саласындағы инновациялық серпіліс. Әсіресе өнеркәсіптік аумақтарда бұл тәсілдер жер ресурстарын тиімді басқаруға, экологиялық қауіпсіздік пен өндірістік үйлесімділікті сақтауға жол ашады. Болашақта бұл бағыттағы процестерді автоматтандыру мен жасанды интеллектті қолдану арқылы одан әрі оңтайландыру мүмкіндігі артады. Қазақстан үшін бұл – жер ресурстарын басқарудағы жаңа сапалық кезеңнің бастауы.

Қазақстандағы тәжірибе және даму болашағы. Соңғы жылдары Қазақстанда жерге орналастыру саласында цифрлық трансформация белсенді түрде жүріп жатыр. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы аясында бірқатар аймақтарда электронды кадастрлық карталар жасалды, сондай-ақ жер учаскелері туралы мәліметтер базасы онлайн форматқа көшірілуде. «Ұлттық жер кадастры» жобасы арқылы пайдаланушылар енді жер учаскелері туралы деректерді eGov.kz порталынан тікелей ала алады.

Сонымен қатар кейбір индустриялық аймақтарда (мысалы, Алматы, Шымкент, Қарағанды өңірлерінде) ГАЖ негізінде жоспарлау және мониторинг жүйелері енгізілуде. Бұл жүйелер өнеркәсіптік объектілердің кеңістіктік орналасуын басқаруға, экологиялық нормаларды сақтауға және пайдаланылмай жатқан жерлерді анықтауға мүмкіндік береді.

Алдағы уақытта жасанды интеллект пен Big Data талдауы негізінде автоматты жоспарлау жүйелерін енгізу жоспарланып отыр. Бұл жүйелер жерге орналастыру процестерін одан әрі жылдамдатып, нақты әрі экологиялық қауіпсіз шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасы Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы (2018–2022 жж.) – <https://digitalkz.kz>
2. Баймұхамедов А. А., Тасболатов Б. Б. Жерге орналастыру негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 242 б.
3. Айтмұхамбетов Н. Б., Мұқашев А. Ә. ГАЖ технологияларын қолдану арқылы жер ресурстарын басқару. // География және табиғат, 2022, №3, б. 16–21.
4. Нурғалиев Б. С. Қазіргі геоақпараттық жүйелер және олардың жерге орналастырудағы орны. // Жер туралы ғылымдар журналы, 2023, №2, б. 34–39.
5. Кузнецов С. В., Иванова Е. Г. Цифровые технологии в землеустройстве и кадастре. – Москва: КолосС, 2021. – 198 с.

ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІҢ ӨНЕРКӘСІПТІК АЙМАҚТАРҒА ЫҚПАЛЫ

Заманауи әлемде жер ресурстарын тиімді басқару – экономикалық өсудің, экологиялық қауіпсіздіктің және әлеуметтік тұрақтылықтың негізі. Әсіресе өнеркәсіптік аймақтарда бұл мәселе өзекті, себебі өндірістік нысандардың кеңістікте дұрыс орналасуы, жердің мақсатты пайдаланылуы және оның жағдайын үнемі бақылап отыру – аса маңызды талаптардың бірі. Осы тұрғыда цифрлық шешімдер жер ресурстарын басқару процестерін жаңа деңгейге көтеруде. Бұл шешімдерге геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), қашықтықтан зондтау, цифрлық кадастр, дрон түсірілімдері және деректерді автоматты талдау жүйелері жатады.

Цифрлық шешімдер арқылы өнеркәсіптік аймақтардағы жер учаскелерінің жай-күйі туралы толық ақпарат жиналып, олардың кеңістіктегі орналасуы визуалды түрде картада бейнеленеді. Сонымен қатар, нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізу, геоаналитика арқылы проблемалық аумақтарды анықтау және өндірістік инфрақұрылымның тиімді орналасуын жоспарлау мүмкін болады.

ГАЖ арқылы аумақты картаға түсіру, дрон көмегімен 3D модельдер құру және жер қабатын спутник арқылы бақылау – бұл тек визуалды көмекші құралдар ғана емес, нақты басқару шешімдерін қабылдауға бағытталған стратегиялық ресурстар болып табылады.

Цифрлық технологияларды енгізудің нәтижесінде жерге орналастыру процесі автоматтандырылып, адами фактор әсері азаяды, ал шешім қабылдау уақыты қысқарады. Инфрақұрылымды жобалау кезінде нақты деректерге сүйену қауіпсіздік деңгейін арттырып, өндірістің тиімділігін арттырады. Сонымен қатар, цифрлық кадастр жүйесі мен онлайн жер мониторингі мемлекеттік қызмет көрсетулердің ашықтығын қамтамасыз етеді.

Цифрлық технологиялар қазіргі таңда жер ресурстарын басқару саласына үлкен өзгерістер әкелуде. Әсіресе өнеркәсіптік аймақтарда бұл шешімдер территорияны тиімді ұйымдастыруға, өндірістік объектілерді оңтайлы орналастыруға және жерді заңды әрі экологиялық тұрғыдан дұрыс пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай шешімдерге геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), қашықтықтан зондтау (ДЗЗ), цифрлық кадастр, жасанды интеллект және Big Data негізінде жасалған құралдар жатады.

Геоақпараттық жүйелер арқылы жердің кеңістіктік деректері бірнеше қабаттарда талданып, рельеф, инфрақұрылым, санитарлық және экологиялық аймақтар бір жүйеде қарастырылады. Бұл өнеркәсіптік

нысандарды орналастыруда қауіпсіз әрі логистикалық тұрғыда тиімді шешім қабылдауға ықпал етеді.

Цифрлық кадастр жүйелері жер учаскелерінің құқықтық мәртебесін нақтылап, шекараларды цифрлық түрде белгілеп, жер дауларының алдын алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, электрондық үкімет пен ашық деректер порталдары арқылы жерге қатысты ақпараттарды халық пен инвесторлар үшін қолжетімді ету – басқарудың ашықтығын қамтамасыз етеді.

Қашықтықтан зондтау мен дрондар арқылы алынған суреттер негізінде жер бетіндегі өзгерістер, заңсыз құрылыстар, топырақ деградациясы немесе су ресурстарына әсерлер жылдам анықталады. Бұл өнеркәсіптік аймақтарда экологиялық мониторинг жүргізудің сенімді әдісі.

Жер ресурстарын басқаруда жасанды интеллект пен үлкен деректер (Big Data) да үлкен рөл атқара бастады. Мысалы, AI алгоритмдері аумақтарды қолдану сценарийлерін талдай отырып, ең тиімді әрі шығынсыз нұсқаларды ұсына алады.

Кейбір қиындықтарға да назар аудару қажет: Қазақстанның кейбір өңірлерінде цифрлық инфрақұрылым әлі де дамымай отыр, сонымен қатар мамандардың техникалық біліктілігі жеткіліксіз болуы мүмкін. Бұған қоса, мекемелер арасындағы ақпараттық жүйелердің үйлеспеуі процестерді тежейді.

Болашақта цифрлық егіздер (Digital Twin), бұлтты платформалар және автоматты гео-сараптама жүйелері сынды инновациялар өнеркәсіптік аймақтарда жер ресурстарын басқаруды жаңа деңгейге шығарады. Мұндай технологиялар өндірістік аймақтарды виртуалды ортада жобалауға, қауіптерді болжауға және шешімдерді нақты деректер негізінде қабылдауға мүмкіндік береді.

Қазақстанда бұл процестер қарқынды дамып келеді. «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы аясында көптеген өңірлерде ГАЖ және кадастрлық жүйелер енгізіліп жатыр. Қарағанды, Астана, Алматы секілді қалаларда индустриалды аймақтарды цифрлық жоспарлау бойынша нақты жобалар жүзеге асырылуда.

Цифрлық шешімдердің енгізілуі – тек технологиялық жетістік емес, бұл қоғам мен мемлекет үшін тиімді, әділетті және тұрақты жер басқару моделін қалыптастыру жолы болып табылады.

Төменде дәстүрлі әдістер мен цифрлық шешімдердің негізгі айырмашылықтары көрсетілген:

Көрсеткіш	Дәстүрлі әдістер	Цифрлық шешімдер арқылы

Жер учаскесін тіркеу уақыты	Ұзақ (2 аптадан көп)	Қысқа (бірнеше күн ішінде)
Қателікке ұшырау ықтималдығы	Жоғары (қолмен енгізілетін деректер)	Төмен (автоматты жүйелер)
Құжаттардың сақталу түрі	Қағаз нұсқада, жоғалу қаупі бар	Сандық база, қауіпсіз архивтеу
Жер мониторингі жиілігі	Сирек немесе жоспардан тыс	Жиі, нақты уақыт режимінде
Ашықтық және қоғамдық бақылау	Шектеулі	Ашық, қолжетімді деректер

Қазақстандағы қолданыс және келешегі. Қазақстанда «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы аясында өнеркәсіптік аймақтарды басқаруға арналған бірқатар цифрлық жобалар жүзеге асуда. Мысалы, Алматы, Астана және Қарағанды облыстарында өнеркәсіптік зоналарды цифрлық кадастрға енгізу, ГАЖ жүйелерімен біріктіру жұмыстары жүргізілуде. «Ұлттық жер кадастры» платформасы арқылы азаматтар өз учаскелері туралы ақпаратты онлайн ала алады.

Болашақта жасанды интеллект пен Big Data технологияларын қолдану арқылы өнеркәсіптік аймақтарды автоматты жоспарлау, экологиялық мониторинг, жер сапасын болжау сынды функциялар іске қосылады деп күтілуде.

Жер ресурстарын басқарудағы цифрлық шешімдер өнеркәсіптік аймақтардың тиімді дамуына зор ықпал етеді. Олар басқару процестерін жылдамдатып қана қоймай, жерді ұтымды пайдалануға, экологиялық қауіпсіздікке және ашықтыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл Қазақстанның тұрақты даму жолындағы маңызды қадамы.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасы Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы (2018–2022 жж.) – <https://digitalkz.kz>
2. Баймұхамедов А. А., Тасболатов Б. Б. Жерге орналастыру негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 242 б.
3. Арыстанбеков Н. А. Цифрлық кадастр жүйесінің заманауи жағдайы мен даму бағыттары. // Жер қатынастары және ғарыштық мониторинг, 2023, №1, б. 9–14.
4. Искаков Б. С., Қуанышев А. Ж. ГАЖ және дрон технологияларының жер мониторингіндегі рөлі. // Ғылым және инновациялар журналы, 2022, №4, б. 22–27.
5. Ivanov D. V., Petrova L. A. Digital Land Management in Industrial Zones: GIS-based Approaches. – Moscow: Geosystems Press, 2021. – 188 p.

ОСОБЕННОСТИ СТАЛИНСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ЗАСТРОЙКИ 50-Х ГОДОВ В Г. КАРАГАНДЕ

Характерная монументальная застройка с элементами классической архитектуры периода с конца 30-х до середины 50-х годов оставила след в облике советских городов. Так называемый «сталинский ампир» символизировал в первую очередь статус и идеологическую составляющую на тот момент еще молодого и интенсивно развивающегося советского государства.

На протяжении долгого времени этот стиль в рамках массового строительства не представлял особого интереса к его изучению и сохранению, что может быть обусловлено неоднозначным отношением общества к данному историческому периоду, а также его резким директивным возникновением, сменившим конструктивизм, и такой же резкой отменой Постановлением об архитектурных излишествах, что привело к недооценке культурной, исторической и художественной значимости сталинской архитектуры.

Для Караганды архитектура 50-х годов имеет особое значение. Статус города она получила в 1934 году, а бурное градостроительство развернулось в послевоенные годы. Основная застройка города осуществлялась комплексными ансамблями, по единому архитектурному замыслу, характерному для многих город-новостроек сталинского периода.

В период 40-х, 50-х годов основное развитие города осуществлялось вдоль двух магистралей – проспект Сталина (ныне пр. Б.Жырау) и по проспекту им. Ленина (ныне ул. Абая).

На пересечении этих магистралей сформировался один из первых общегородской центров, организованный в лучших традициях ансамблевого решения сталинского ампира.

Площадь организована из пяти зданий – Дома Советов и четырех многоэтажных домов, симметрично расположенных по отношению к нему.

Здание бывшего Дома Советов имеет трехосевую симметричную композицию. В центре фасада, выходящего на площадь, находится главный вход, решенный в виде мощного шестиколонного портика со стилизованными капителями, приподнятого на высокий стилобат. Боковые ризолиты главного фасада обработаны выступающими пилястрами. Середина стилобада занята широкой лестницей, по бокам которой были установлены скульптуры шахтеров. Вертикальный ритм колонн, выступающий высотой портала, монументальные формы придают величественность и торжественность административному зданию, который выступает не только композиционным центром площади, но

градостроительным акцентом, сформированным симметричной композицией по бокам расположенных четырехэтажных Г-образных жилых домов. Угловые объемы жилых домов, высота которых выявлена за счет увеличенного чердачного пространства, богато оформлены карнизами и с включенными вертикально объединенными полулоджиями, придают гармоничную взаимосвязь с административным зданием. Характерной особенностью сталинской архитектуры являются ансамблевые решения, заимствованные из классической архитектуры. Однако, следует отметить иерархичность объектов, формирующих композицию улиц в соответствии с рисунком 1.



Рисунок – Перспектива улицы Чкалова на Дом Советов

Такой же композиционный прием формирует площадь Гагарина. С западной стороны располагается кинотеатр Октябрь (ныне концертный зал Шалкыма), с другой стороны симметричные здания Учительского (ныне университет Болашак) и Медицинского (ныне Медакадемия) институтами, раскрывающими перспективу улицы Ленина (ныне улица Абая) на восток в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 – Площадь перед кинотеатром Октябрь

Монументальная взаимосвязь, акцентность угловых решений жилых домов на пересечениях транспортных путей, придающих законченность, целостность планировочных частей микрорайона. Такое решение прослеживается по всему глубинно-пространственному решению улицы

Ленина (ныне ул.Абая). Акцентные угловые части малоэтажных сталинских домов, расположенные на перекрестке, активно отображают стилистические особенности не только идейно-образного, богато насыщенного декоративными элементами, но и градостроительного характера 50-х годов XXв.

Следует отметить, что четко прослеживается иерархия перекрестков – чем ближе к центральному проспекту Сталина (ныне пр. Бухар-Жырау) тем более торжественней, насыщеннее декоративными элементами жилые дома, формирующие перекрестки. Рядовая застройка между акцентными зданиями решена симметричными композициями типовых жилых домов меньшей этажности в соответствии с рисунком 3.

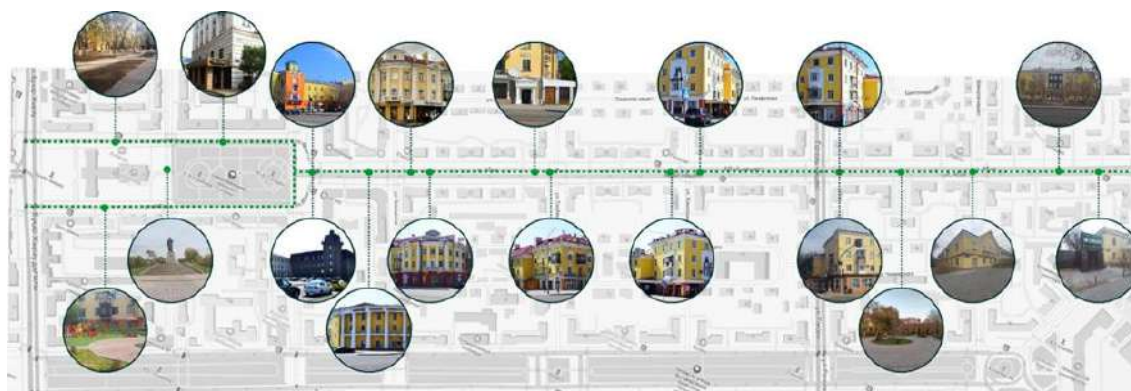


Рисунок 3 – Схема застройки улицы Абая (бывшая ул. Ленина)

Немаловажную роль в формировании ансамблевого решения играют входные и въездные ворота, соединяющие дома в единую композицию. Такая непрерывная композиция подчеркивает фронтальность улицы, отделяя ее парадную часть от камерных дворовых пространств с хозяйственными постройками.

Сталинская застройка для Караганды является неотъемлемой его частью, которая, не смотря на типовые решения, несет в себе идентичность и культурный код шахтерского города. Изучение и детальный анализ наследия сталинского ампира позволит сохранить уникальную атмосферу целостного гармоничного градостроительного и объемно-планировочного решения городских пространств.

Список литературы:

1. *Архитектура сталинской эпохи: Опыт исторического осмысления. Под ред. Косенкова Ю.Л. – М.: КомКнига, 2010*
2. *Караганда..Бараг Т.Я. Гос.изд. Архитектуры и градостроительства. М. 1930*

МҰРАЖАЙ СӘУЛЕТІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЗАМАНАУИ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Қазіргі заманғы сәулет пен дизайн виртуалды кеңістікке, құрылыс материалдарының микроструктурасына, адамдардың мінез-құлқы мен жайлылығына, сондай-ақ цифрлық жаңалықтарға тікелей әсер етеді. Жаңа технологиялар айналамыздағы әлемді қарқынды түрде өзгертіп жатыр.

Жасанды интеллект пен машиналық оқытуға байланысты технологиялар дизайн және сәулет ұштасатын барлық салаларға ықпал етеді. Дәл осы жасанды интеллект қалалық кеңістікті, құрылыс конструкцияларын және инфрақұрылымның дамуын оңтайландыруға мүмкіндік береді

Заманауи мұражайлар өздерінің мазмұнымен ғана емес, ерекше сәулеттік шешімдерімен де ерекшеленеді. Құнды экспонаттар орналасқан ғимараттар өзіндік сәулет өнерінің жауһарлары бола отырып, туристік көрнекі орындарға да айналада. Бұған мысал ретінде бірнеше заманауи мұражайларды атауға болады, олардың бірі – Грац қаласында (Австрия) 2003 жылы бой көтерген Қазіргі заманғы өнер мұражайы Кунстхаус.



1-сур. Заманауи өнер мұражайы Кунстхаус (Австрия) сол жақта; Shanghai Natural History Museum (Шанхай) ортада және оң жақта

Мұражай өзінің футуристік сәулеті мен экологиялық тұрақтылығына байланысты «достық пейілді бөгде ғаламшарлық» деген бейресми атауға ие болды. Ғимараттың тұжырымдамасын сәулетшілер Питер Кук пен Колин Фурнье жасап, оны инновациялық blobitecture стилінде іске асырды. Негізгі құрылым темірбетоннан тұрғызылған, ал сыртқы қабығы – энергия өндіруге мүмкіндік беретін гальваникалық элементтері бар акрил па-нельдерден жасалған. Футуристік биоморфты фасад пішіні айналасындағы қызыл шатырлы ғимараттармен қарама-қайшы келіп, қала кеңістігінде айқын басымдыққа ие.[1]

Келесі ерекше мұражай – Шанхайдағы Табиғат тарихы мұражайы. Ғимараттың жалпы пішіні мен кеңістіктік ұйымдастырылуы табиғаттан шабыт алып, Nautilus моллюскінің қабыршағын еске түсіреді. Мұражай кешені екі көрме кеңістігін қамтиды: залдар мен ашық аспан астындағы алаң, сондай-ақ 4D театр. Бас ғимараттың 30 метрлік атриумы келушілерді микроскоп арқылы қаралған жасуша құрылымына ұқсайтын әйнек қабырға

арқылы өтетін табиғи жарықтың мол ағынымен қарсы алады. Бұдан бөлек, мұражайдың әр қасбеті өзіндік мағынаға ие: «жасушалық» шыны қабырғадан басқа, шығыс қасбеті – планетаның өсімдіктер әлемін бейнелейтін көгалды «тірі кілем», солтүстік жағы – жер қыртысының тектоникалық жарықтары мен тік каньондарын еске салатын тас құрылым.

Өзінің бірегейлігімен ерекшеленетін тағы бір мұражай – Үндістанның Раджастхан штатында 2024 жылы бой көтерген Aatma Manthan мұражайы. Ол 2022 жылы тұрғызылған әлемдегі ең үлкен Шива мүсінінің негізінде орналасқан. Бұл иммерсивті мұражайда дәстүрлі экспонаттар көп емес, басты зерттеу нысаны – келушілердің өз ішкі әлемі. Күрделі, тұрақты емес жоспарлау мен құрылымдық шектеулер туралы айта келе, Sanjaу Puri Architects сәулетшілері: «Біз учаскенің күрделі ерекшеліктерін артықшылыққа айналдырып, бүкіл дизайн бойында ағымдылықты сақтадық» деп атап өтті.



2-сур. Aatma Manthan мұражайы,(Үндістан),сол жақта; «Seoul Robot & AI Museum»(Сеул,Корея)ортада, Zeitz МОСАА мұражайы; (Кейптаун, ЮАР) оң жақта

Робототехника және жасанды интеллект мұражайы ВІМ-технологияларының көмегімен жобаланып, алып ғарыш кемесін еске түсіретін бірегей сәулеттік пішінге ие. Ғимараттың қасбеті роботтандырылған сандық басқару жүйесі бар лазерлік станоктар арқылы дайындалған болат панельдермен қапталған.[2] Бұл панельдерді профильдерге бекіту үшін роботтандырылған дәнекерлеу технологиясы қолданылды, бұл құрылыс процесін жоғары дәлдікпен жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Заманауи өнер мұражайы Zeitz МОСАА (Кейптаун, Оңтүстік Африка, 2017 ж.) – 1920 жылдары салынған астық элеваторының қайта жаңғыртылуының нәтижесі. Heatherwick студиясы элеватор ішіндегі көптеген цилиндрлік құбырларды кең ауқымды соборлық атриумға айналдырып, келушілерді жүзден астам галерея кеңістігіне бағыттайтын күрделі архитектуралық шешім ұсынды. Ғимараттың сыртқы келбетінде ең көрнекті өзгеріс – жоғарғы қабаттардың бастапқы геометриясына салынған ерекше әйнек «жастықтар», олар құрылымға заманауи әрі динамикалық көрініс береді.

Әдебиеттер тізімі

1. https://www.architime.ru/specarch/top10_museums/museums.htm/https://vc.ru/marketplace/556276-novye-tehnologii-v-arhitecture-i-dizaine

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГРУНТОВ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Развитие транспортной инфраструктуры требует особого внимания к проектированию и обустройству оснований автомобильных дорог, особенно в условиях неблагоприятных инженерно-геологических факторов. Одним из таких факторов является повышенная влажность грунтов, которая существенно снижает несущую способность основания, ускоряет деформации и приводит к преждевременному разрушению дорожного полотна. Повышенная влажность характерна для регионов с высоким уровнем грунтовых вод, паводковыми явлениями, а также для слабых грунтов, склонных к водонасыщению.

Цель настоящего исследования — проанализировать инженерные свойства грунтов повышенной влажности и оценить современные методы их стабилизации при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. Задачи исследования:

1. Изучить влияние повышенной влажности на физико-механические характеристики дорожного основания.
2. Рассмотреть существующие технологии укрепления слабых и водонасыщенных грунтов.
3. Провести анализ применения геосинтетических материалов, цементных и минеральных стабилизаторов.
4. Оценить перспективы использования дренажных и капилляропрерывающих слоев.
5. Обосновать рекомендации по проектированию оснований в условиях влажных грунтов.

Грунты повышенной влажности характеризуются пониженной плотностью, высокой пластичностью, низкой модулем деформации и значительным водоудерживающим потенциалом. Эти свойства резко снижают надёжность основания и требуют применения специальных мер по улучшению инженерных характеристик. К числу эффективных решений относятся следующие:

- устройство песчаных и щебеночных подушек;
- внедрение геосеток, геотекстиля и геомембран;
- химическое закрепление (например, с применением цемента, извести, золы);
- вакуумная и электроосмосная консолидация;
- организация эффективного водоотвода.

Современные методы мониторинга, включая георадары и системы датчиков влажности, позволяют оперативно контролировать состояние

основания. Всё более широкое распространение получает BIM-проектирование и цифровое моделирование, что позволяет учитывать сложные гидрогеологические условия на стадии проектирования.

Современные технологии стабилизации грунтов обеспечивают не только повышение прочностных характеристик, но и способствуют снижению воздействия на окружающую среду. Использование вторичных материалов (золы уноса, доменных шлаков, переработанных ПЭТ) способствует снижению углеродного следа и затрат на транспортировку. Геосинтетики, благодаря лёгкости, стойкости к влаге и агрессивным средам, сохраняют свои свойства в течение 30–50 лет, что делает их особенно привлекательными для долгосрочного дорожного строительства.

Внедрение устойчивых решений позволяет соблюдать принципы «зелёного строительства» и снижать объем земляных работ. Кроме того, предварительное моделирование с использованием цифровых ГИС-инструментов и ИИ позволяет более точно прогнозировать поведение основания при различных сценариях нагрузок и климатических воздействий.

Результаты лабораторных испытаний, проведённых в ряде исследовательских центров (НИИ транспорта, дорожно-строительные кафедры ведущих вузов), подтверждают эффективность комплексного подхода. Так, применение двухслойных геосинтетических конструкций увеличивает модуль упругости основания в 2–3 раза и уменьшает коэффициент фильтрации на порядок.

Практика зарубежных стран показывает, что проблемы водонасыщенных и слабых грунтов решаются с применением комплексного подхода и современных материалов. В Канаде при строительстве автотрасс в заболоченных районах широко используется технология предварительной нагрузки с вертикальными дренами и армирования геосетками. В Японии, где велика сейсмическая активность и нередко обводнённые участки, применяются динамические методы уплотнения и цементация с помощью инъекционных технологий. В скандинавских странах, особенно в Финляндии и Швеции, распространено использование торфяных и глинистых грунтов с добавлением золосодержащих материалов и микроцементов, что позволяет повысить устойчивость и снизить себестоимость дорог.

Примером удачного решения в России является реконструкция участка трассы М-12 в Поволжье, где при строительстве на переувлажнённом основании использовалась комбинация щебеночно-песчаной подушки и георешётки с интегрированным дренажом. Это позволило снизить просадки на 40% и увеличить срок службы дорожного покрытия до 18 лет без капитального ремонта.

В последние годы наблюдается стремительное развитие инструментов обследования грунтовых оснований с применением

цифровых технологий. Среди них — георадиолокационные исследования (GPR), лазерное сканирование, инфракрасная термография, а также спутниковый мониторинг смещений (InSAR). Эти методы позволяют с высокой точностью выявить водоносные горизонты, слабые зоны, границы промерзания и участки с повышенной влажностью без необходимости обширных земляных работ.

Особое внимание уделяется применению BIM-моделей (Building Information Modeling) в дорожной геотехнике. Такие модели позволяют объединить данные сейсморазведки, лабораторных испытаний и гидрологических прогнозов в едином цифровом пространстве. Это даёт возможность проектировщикам на ранних этапах выявлять потенциально проблемные участки и подбирать соответствующие технологии укрепления.

Одним из барьеров для широкого внедрения инновационных решений является устаревшая нормативная документация. В большинстве действующих СНиП и ГОСТ отсутствуют ссылки на цифровые методы анализа и новейшие геоматериалы. В связи с этим необходимо пересматривать существующие стандарты, опираясь на международный опыт и достижения отечественной науки.

Эффективное решение проблем, связанных с влажными грунтами, требует междисциплинарного подхода, объединяющего знания геотехники, гидрологии, цифрового моделирования, экологии и материаловедения. Только в рамках синтеза этих направлений возможно создание устойчивых и экономически эффективных транспортных систем, адаптированных к современным вызовам.

Можно сделать следующие выводы:

1. Грунты повышенной влажности требуют индивидуального инженерного подхода при строительстве дорог.
2. Современные технологии стабилизации и дренажа позволяют значительно улучшить их эксплуатационные характеристики.
3. Применение геосинтетиков и цифровых технологий должно стать обязательным элементом проектирования.
4. Необходимы дополнительные исследования по адаптации технологий к конкретным региональным условиям.
5. Комплексный подход к проектированию и мониторингу способствует повышению надёжности дорожных конструкций.

Список использованной литературы:

1. Васильев, В. В. (2015). *Дорожные основания и покрытия: учебник*. М.: Транспорт.
2. Сорокин, И. А. (2019). *Геотехнические проблемы дорожного строительства*. Санкт-Петербург: СПбГАСУ.
3. Нечаев, В. Н. (2021). *Инновационные технологии стабилизации грунтов*. Москва: Наука.
4. Terzaghi, K., Peck, R. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley-Interscience.

ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ. ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК.

Құрылыстағы жасанды интеллект әртүрлі процестерді оңтайландыру және автоматтандыру, жұмыс тиімділігін арттыру, қауіпсіздікті жақсарту және шығындарды азайту үшін қажет. Ол оңтайлы конструкцияларды жасау және жүктемені бөлуді және материалдарды таңдауды жақсартатын шешімдерді ұсыну арқылы дизайнды автоматтандыруға көмектеседі. Бұл сәулетшілер мен инженерлерге жұмыстың шығармашылық аспектілеріне назар аударуға мүмкіндік береді, ал AI деректерді талдайды және ғимараттардың нақты үлгілерін жасайды.

AI сонымен қатар жобалау мен құрылысқа байланысты ықтимал проблемаларды болжау арқылы тәуекелдерді бағалау үшін қолданылады. Ол құрылымдағы әлсіз жерлерді немесе қолайсыз ауа-райын алдын ала анықтауға көмектесетін материалдар, қоршаған орта жағдайлары және басқа факторлар туралы деректерді талдайды. Бұл қауіпсіздікті арттырады және төтенше жағдайлардың ықтималдығын азайтады.

Сонымен қатар, AI сенсорларды пайдалану және деректерді талдау арқылы Құрылыс құрылымдарындағы ақаулар мен бұзылуларды олар пайда болғанға дейін болжауға көмектеседі. Бұл ғимараттарды жөндеу және техникалық қызмет көрсету шығындарын айтарлықтай азайтып, апаттар мен апаттардың алдын алу үшін алдын ала шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

AI кестелерді, ресурстарды, еңбек шығындарын және материалдарды бақылау арқылы құрылыс процестерін оңтайландыру үшін белсенді қолданылады. Бұл кідірістер мен артық шығындардың алдын алуға, сондай-ақ құрылыс құнын төмендетуге және оның сапасын жақсартуға көмектеседі. Бұған қоса, AI құрылыс алаңдарын басқаруға көмектеседі, техниканы, материалдарды және жүктерді бөлуді оңтайландырады, логистиканы жақсартады және тоқтап қалуды болдырмайды.

Сондай-ақ, AI ғимараттардың энергия жүйелерін басқаруда маңызды рөл атқарады, олардың энергия тиімділігін жақсартады. Алгоритмдер энергияны қажет ететін нақты деректерге сүйене отырып, жарықтандыруды, жылытуды және желдетуді реттей алады, бұл пайдалану шығындарын азайтады және ғимараттардың экологиялық тұрақтылығын жақсартады.

Тұтастай алғанда, құрылыстағы жасанды интеллект тиімділікті арттыру, шығындарды азайту, жобалардың сапасын жақсарту және қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қажет, бұл құрылыс индустриясын инновациялық және технологиялық етеді.

Жасанды интеллект (ЖИ) құрылыста әр түрлі артықшылықтар береді, бұл құрылыс процесін оңтайландыруға, тиімділікті арттыруға және қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. ЖИ-дің құрылыс саласындағы басты артықшылықтары:

Жобалау және жобаларды басқаруда тиімділік. ЖИ жобалау процесін автоматтандырып, конструкцияларды оңтайлы түрде жобалауға көмектеседі. Бұл инженерлер мен архитекторларға уақытты үнемдеуге және жобаларды дәлірек және сапалы түрде жасауға мүмкіндік береді.

Құрылыс процесін бақылау және басқару. ЖИ құрылыс алаңындағы процестерді бақылап, жұмысшылардың тиімділігін арттырады. Ол техниканың жағдайын, материалдардың қозғалысын және басқа да ресурстарды бақылай отырып, құрылыс жобасының уақытында және бюджет аясында аяқталуын қамтамасыз етеді.

Қауіпсіздік. ЖИ құрылыс алаңында қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін маңызды рөл атқарады. Датчиктер мен камералар арқылы жұмыс орнында пайда болатын қауіптерді анықтап, алдын ала ескерту жасауға мүмкіндік береді. Бұл жұмысшыларды жарақаттан қорғап, құрылыс алаңындағы апаттардың алдын алуға көмектеседі.

Қателіктерді алдын ала болжау. ЖИ құрылыс конструкцияларының ақауларын немесе дефектілерін алдын ала болжау үшін пайдаланылатын технологиялар арқылы құрылыс материалдарының жағдайын тексеріп, ақауларды ерте кезеңде анықтайды. Бұл жоба аяқталмас бұрын түзетулер енгізуге мүмкіндік береді, осылайша қосымша шығындар мен уақытты үнемдейді.

Энергия тиімділігі. ЖИ ғимараттың энергия тұтынуын бақылауға мүмкіндік береді. Бұл жүйелер ғимараттардың жылыту, салқындату, жарықтандыру және басқа да жүйелерінің жұмысына әсер ете отырып, энергияны үнемдейді және экологиялық тиімділікті арттырады.

Құрылыс алаңындағы процестерді оңтайландыру. ЖИ құрылыс алаңындағы барлық процестерді автоматты түрде реттеп, жұмыстың әрбір кезеңін жоспарлауға мүмкіндік береді. Бұл тиімділікті арттырып, құрылыс мерзімін қысқартады.

Жасанды интеллекттің құрылыс саласындағы артықшылықтары оның барлық кезеңдерде, жобалау, құрылыс және эксплуатация барысында құрылыс жұмыстарының сапасын жақсартуға, қауіпсіздікті қамтамасыз етуге, шығындарды азайтуға және уақытты үнемдеуге мүмкіндік береді.

Жасанды интеллекттің құрылыс саласында қолданылуы әртүрлі мәселелерді туындатады, оның кейбірі айтарлықтай қиындықтар тудырады.

Құрылыс процесінің өзгеруі бойынша, жасанды интеллект автоматтандыру арқылы көптеген дәстүрлі жұмыс орындарын қысқартады. Бұл әсіресе техникалық емес жұмысшылар үшін өзекті. Құрылыс машинадары мен роботтар адамның орнына жұмыс істей алады, бірақ мұндай өзгерістер жұмыс күшінің құрылымына теріс әсер етуі мүмкін.

Сонымен қатар, жаңа технологиялар қолданылып, жұмысшыларды қайта даярлау қажеттілігі туындайды.

Құрылымдық мәселелер де маңызды. Жасанды интеллекттің жобалау жүйелері қателіктер жіберуі мүмкін, себебі олар нақты контексті толық түсіне алмайды. Автоматтандырылған дизайн кезінде кейбір қауіпсіздік мәселелері ескерілмеуі мүмкін, бұл құрылыс жұмыстарының нәтижесіне теріс әсер етуі ықтимал.

Деректердің сапасы мен қауіпсіздігі де аса маңызды. Жасанды интеллекттің тиімді жұмыс істеуі үшін дұрыс және сенімді деректер қажет. Егер құрылыс жобалары туралы мәліметтер қате немесе толық болмаса, бұл шешімдердің дұрыс қабылданбауына әкеледі. Сонымен қатар, деректерді қорғау мәселелері де туындайды, өйткені құрылыс жобалары көбінесе құпия ақпаратты қамтиды. Хакерлік шабуылдар мен деректердің жоғалуы үлкен қауіп тудыруы мүмкін.

Қымбаттау мәселесі де қарастырылуы тиіс. Жасанды интеллект жүйелерін енгізу бастапқы кезеңде үлкен қаржылық шығындарды талап етеді. Бұл жүйелерді орнату, аппараттық құралдарды сатып алу және қызметкерлерді оқыту қосымша шығындарға әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, техникалық қызмет көрсету және жүйелерді жаңарту да қосымша қаржыны талап етеді.

Техникалық тәуелділік артуы мүмкін. Жасанды интеллектке толық тәуелділік құрылыс жобасының тоқтауына немесе кідірісіне әкелуі мүмкін, егер жүйе ақаулыққа ұшыраса. Бұл жобаның барлық жұмысын автоматтандыру мәселесіне байланысты болатын тәуекелдерге алып келеді.

Осы мәселелерге қарамастан, жасанды интеллекттің құрылыс саласында дұрыс қолданылуы үлкен тиімділіктерге әкелуі мүмкін. Бірақ бұл үшін адам мен технологияның үйлесімді түрде жұмыс істеуі маңызды.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. *Информационное моделирование зданий (BIM)* — Андрей Васильев, Наталья Никулина, Сергей Козлов (МИТ, 2018)
2. *Интеллектуальные системы и технологии для строительства* — Е. В. Лавров, О. В. Славин (Наука, 2017)
3. *Умные города. Концепции и технологии для будущего* — Г. М. Алексеев, А. Ю. Смирнов (НГУ, 2020)
4. *Роботизация и автоматизация строительных процессов* — И. В. Борисова (Государственный университет управления, 2019)
5. *Технология и организация строительства. Инновации и перспективы* — В. П. Рябиков (Высшая школа, 2018)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КОНВЕЙЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ

Конвейерные галереи играют важную роль в обеспечении бесперебойной транспортировки материалов между различными участками промышленных предприятий. Их стабильная работа напрямую отражается на эффективности производственного процесса.

Практика эксплуатации показывает, что галереи часто подвержены повреждениям, что объясняется спецификой их конструкции и воздействием внешней среды. Типовая несущая система представляет собой пространственную стальную ферму, на которую монтируются элементы транспортирующего оборудования.

Существенный вклад в разработку конструктивных решений и расчетных методов внесли такие исследователи, как Б.А. Сперанский, М.В. Солодар, Ю.С. Плишкин, В.О. Гордиенко, А.Т. Морголин и многие другие, включая зарубежных специалистов в данной области - Ж. Дюгаль, Ф. Нейман, С.П. Тимошенко и др.

В открытом исполнении галереи подвергаются неблагоприятным климатическим влияниям такие как, низкие температуры, воздействие солнечного излучения, резкие перепады температуры, вибрации от оборудования. Все это приводит к возникновению дефектов и снижению прочности конструктивных элементов.

Основные причины снижения прочности:

- коррозия металла в агрессивных средах;
- усталостные явления из-за постоянных колебаний и вибраций;
- неточности проектных расчетов (нагрузки от ветра, снега);
- ошибки при установке конструкций;
- отсутствие регулярного технического осмотра и ремонта.

Жесткое соединение ограждающих элементов с основой приводит к дополнительным ограничениям в деформации при температурных колебаниях. Из-за различий в тепловом поведении несущих и ограждающих частей возникают внутренние напряжения, которые не учитываются в стандартных расчетах.

Особенно это проявляется в неотапливаемых или частично утепленных галереях, где элементы конструкции прогреваются неравномерно. В результате появляются скрытые повреждения, трещины, утраты устойчивости и другие опасные проявления.

Статистика показывает, что около 20% разрушений стальных галерей связаны с воздействием температур. Особенно это характерно для

северных регионов, где зимой температура опускается до -50°C , а перепады достигают 100°C в год и 30°C в сутки.

Типичные повреждения включают:

- трещины в металле и швах;
- деформация и потеря несущей способности;
- локальные разрушения в узлах соединений.

Цель работы будет заключаться в анализе фактического состояния трёх объектов в сфере горной добычи, энергетики и строительных материалов.

Оценка состояния будет проводиться поэтапно:

- осмотр и инструментальный анализ;
- фиксация визуальных дефектов;
- 3D - сканирование для построения цифровой модели;
- ультразвуковая диагностика, магнитные методы выявления трещин;
- моделирование нагрузок с применением SCAD, LIRA-САПР, ANSYS;
- проверка прочности и устойчивости;
- оценка остаточного ресурса, применение методов линейного накопления повреждений.

Выводы и меры по повышению надежности:

- замена сильно корродированных элементов;
- усиление системы связей;
- антикоррозионная защита (цинковые, полимерные покрытия);
- постоянный мониторинг с применением датчиков;
- плановые обследования не реже одного раза в три года;
- использование современных высокопрочных сталей;
- адаптация конструкций под актуальные строительные нормы (СН РК 5.04.-23-2002).

Надежность конвейерных галерей – критический важный элемент в стабильной работе промышленных предприятий. Применение комплексного подхода, включающего современные методы диагностики, цифровое моделирование и профилактические меры, позволяет продлить срок службы и предотвратить аварии. Внедрение сенсорных технологий и ВМ-систем повышает качество обслуживания и контроль над техническим состоянием.

Список использованных источников

- 1 Suleimenov A. B. «Structural health monitoring of conveyor galleries in mining industry», *Journal of Structural Engineering*, 2022
- 2 Беляев Н. М., Пучков Ю. Н. «Методы расчета остаточного ресурса строительных конструкций», Москва, 2018
- 3 Собакин А.А. «Влияние условий эксплуатации на работу конструкций галерей», Москва, 1993
- 4 СП РК 1.04-101-2012 «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений»

ГЕОФЕРМЕНТИРОВАННЫЙ БЕТОН. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УСТОЙЧИВЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Бетон является одним из самых популярных строительных материалов в мировой практике, ежегодный объем производства составляет порядка 8 млрд м³.

Производство бетона в Казахстане осуществляется на множестве заводов, расположенных по всей территории страны. Некоторые из них специализируются на производстве бетона определенной марки или качества, в то время как другие работают более универсально. Одним из основных достижений в технологии бетона является использование высокопрочных вяжущих материалов. Такие материалы, как метакриловые полимеры или эпоксидные смолы, обеспечивают более высокую прочность, устойчивость к абразивному изнашиванию и повышенную устойчивость к химическим воздействиям. Другой технологический прорыв в бетонной индустрии - это использование нанотехнологий. Добавляя наночастицы, можно увеличить прочность и устойчивость к ударам, а также увеличить гладкость поверхности бетона.

Существует множество других технологий, которые улучшают свойства бетона и делают его более эффективным в использовании. Например, есть технологии, позволяющие сократить временные и затратные затраты на производство бетона, такие как технология сухого раствора.

Однако, важно отметить, что технология производства бетона должна соответствовать стандартам безопасности и экологической устойчивости. Современное строительство сталкивается с необходимостью снижения углеродного следа. Цементная промышленность, являющаяся одним из крупнейших источников антропогенного CO₂, требует замены на более экологичные материалы.

Геоферментированный бетон — это композит, в котором вяжущие свойства обеспечиваются продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, в частности, процессами микробной индукции карбоната кальция (MICP). Геоферменты, в свою очередь, представляют собой биоактивные ферментированные растительные растворы, ускоряющие гидратацию и минеральные превращения.

Этот метод основывается на способности бактерий к производству карбоната кальция в процессе жизнедеятельности. Бактерии добавляются в бетон как добавка, и затем они начинают производить карбонат кальция, который заполняет промежутки между частицами бетона и укрепляет его. Это повышает прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов, таких как вода, мороз и т.д.

Существует несколько типов геоферментации бетона:

1. Биополимерная геоферментация - добавление бактерий, которые выделяют полимеры, укрепляющие бетон.
2. Биоускорительная геоферментация - добавление бактерий, которые ускоряют процесс отверждения бетона.
3. Биоконсервативная геоферментация - добавление бактерий, которые защищают бетон от коррозии и других вредных воздействий.
4. Биоупрочняющая геоферментация - добавление бактерий, которые укрепляют структуру бетона и повышают его прочность.
5. Биоцементная геоферментация - добавление бактерий, которые выделяют карбонатные соединения, формирующие внутри бетона новые поры и заполняющие уже имеющиеся пустоты.

Каждый из этих типов геоферментации бетона имеет свои преимущества и применяется в разных условиях и ситуациях.

Для геоферментации бетона могут использоваться различные бактерии, например *Bacillus subtilis*, *Bacillus cohnii*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus megaterium*, *Sporosarcina pasteurii* и другие. Они способны превращать неорганические соединения в биологические, благодаря чему происходит карбонатация бетона. В результате образуется карбонатный слой, который увеличивает прочность и долговечность бетона.

Направление использования геоферментированного бетона:

1. Усиление силы адгезии между бетоном и другими строительными материалами.
2. Укрепление каменных стен и опор.
3. Реставрация и ремонт старых зданий.
4. Ремонт дорожных покрытий.
5. Усиление фундаментов и стеновых конструкций.

При повреждении бетонной конструкции и просачивании воды через трещины, которые появляются в бетоне, споры бактерий при контакте с водой и питательными веществами активируются. После «пробуждения» они начинают питаться лактатом кальция. В результате этого расходуется кислород, а растворимый лактат кальция преобразуется в нерастворимый известняк, который затвердевает на поверхности трещин, тем самым заполняя их.

Потребление кислорода в ходе превращения бактериями лактата кальция в известняк имеет дополнительное преимущество. Кислород является одним из элементов в процессе коррозии стали. При активировании бактерий он весь ими усваивается, что увеличивает долговечность железобетонных конструкций.

Тестирование показало, что при просачивании в бетон воды бактерии пробуждаются и начинают быстро размножаться. В лабораторных условиях они в течение семи дней преобразуют питательные вещества в известняк. В природе при более низких температурах этот процесс занимает

несколько недель.

Сравнение воздействия различных бактерий на свойства бетона показало, что разные виды бактерий по-разному влияют на прочность, долговечность и самовосстановление бетона.

Таблица 1

Воздействие различных бактерий на свойства бетона

№ п/п	Вид бактерий	Прочность бетона, %	Долговечность бетона, %	Самовосстановление бетона, %
1	Контрольный образец, без бактерий	100	100	100
2	<i>Bacillus subtilis</i>	110	120	130
3	<i>Bacillus megaterium</i>	115	125	135
4	<i>Bacillus cereus</i>	108	115	125
5	<i>Pseudomonas putida</i>	105	110	120
6	<i>Escherichia coli</i>	98	95	90

Как видно из таблицы, бактерии *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium* оказывают наиболее положительное влияние на свойства бетона. Они повышают прочность, долговечность и самовосстановление бетона. Бактерия *Pseudomonas putida* также оказывает положительное влияние на свойства бетона, но в меньшей степени. Бактерия *Escherichia coli* оказывает отрицательное влияние на свойства бетона, снижая его прочность, долговечность и самовосстановление.

Таким образом, при выборе бактерий для производства бактериального бетона следует учитывать их влияние на свойства бетона. Согласно проведенным испытаниям, наиболее эффективными бактериями для производства бактериального бетона являются *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium*.

Список использованных источников

1. Bandlamudi R. K., Kar A., Dutta J. Ray A review of durability improvement in concrete due to bacterial inclusions // *Construction Materials*. - 2023. - №19.
2. Аль Дулайми Салман Давуд Салман. Технология восстановления железобетонных конструкций с помощью микроорганизмов // *Бюллетень строительной техники*. – 2018. – № 11(1011). – С. 52 – 53.
3. Ерофеев В.Т., Аль Дулайми Салман Давуд Салман, В.Ф. Смирнов Бактерии для получения самовосстанавливающихся бетонов / *Интернет-журнал «Транспортные сооружения»*. – 2018. – № 4, Том 5– С.1–13.
4. Ильина Л.В., Дьякова К.С. Трещинообразование в бетоне и железобетоне. способы повышения трещиностойкости // *Труды НГАСУ*. – 2022. - № 3-4. – С. 13-21
5. Нальгиев Р. Т. Самовосстанавливающийся бетон // *Научный лидер*. - 2023. №3 (101).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛЫХ ДВОРОВ КАК ФАКТОР ГУМАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Урбанизация в жизни современного общества порождает крупные экологические проблемы, оказывающие воздействие на здоровье горожан. Скорость, с которой происходят, социальные, экономические изменения, требуют серьезного эмоционального и умственного напряжения.

Окружающая городская среда существенно влияет на психологическую безопасность его жителей. Нездоровый эмоциональный фон у взрослого человека становится привычным, однако наиболее уязвимыми в этой ситуации оказываются дети.

Осмысление роли человека как субъекта, взаимодействующего с природной средой, приводит к формированию различных вариаций такого понятия, как «социально-экологическое пространство». В Караганде сильны традиции соседской взаимопомощи и коллективного досуга, которые можно поддерживать через общие площадки для праздников, мероприятий и встреч, интеграцию местной идентичности реализовать через национальные орнаменты и элементы промышленного прошлого города.

Жилой двор представляет собой первое осваиваемое пространство за пределами квартиры, место формирования связей между соседями и служит возникновению ощущения общности. Благоустроенный двор удобен и эстетически привлекателен, так как жители стремятся чаще выходить на улицу и общение формирует горизонтальные связи. Развивается локальное сообщество, появляется совместная забота о территории.

Продуманное дворовое пространство способствует повышению качества жизни и психологического комфорта, снижению социальной изоляции, что особенно важно для пожилых людей и маломобильных групп населения.

Двор — первая публичная территория, которую осваивает ребёнок. Именно здесь дети играют, учатся взаимодействовать, решать конфликты, сотрудничать. Детская и подростковая социализация реализуется через освоение навыков коллективной жизни и ответственности. От того, насколько двор безопасен, интересен и доступен для всех возрастов, зависит развитие здорового и активного поколения.

Современные дворы должны учитывать потребности людей с ограниченными возможностями, пожилых и родителей с колясками. Для этого необходимо всесторонне продумать организацию безбарьерной среды, возможность активного использования территории всеми группами

населения, организовать зонирование территории по интересам и возрасту, предусмотреть устройство сенсорных и тактильных элементов.

Через дворовую территорию, как часть культурного кода города, можно подчеркивать архитектурные особенности района, внедрять элементы искусства, истории и традиций, формировать эмоциональную привязанность жителей к городу и его уникальности.

Важной стороной является и обеспечение экологической устойчивости городской среды. Озелененные дворовые пространства способны регулировать микроклимат, улучшать качество воздуха, снижать шум и обеспечивать естественное водоотведение через проницаемые покрытия.

Ландшафтное проектирование в климатических условиях Центрального Казахстана, характеризующихся резкими колебаниями температуры, сильными ветрами, малым количеством осадков и продолжительной зимой, требует конкретных решений и подходов.

Устойчивое озеленение обеспечивается применением засухоустойчивых и морозоустойчивых растений, использованием живых изгородей, кустарников, плотных групп деревьев, создающих естественные экраны от ветра. Комфортность городской среды может быть повышена установкой пергол, декоративных ограждений и навесов в местах отдыха и на детских площадках. Ориентация малых архитектурных форм и скамей должна проектироваться с учётом розы ветров. Важно активнее применять технологии капельного орошения.

Городские зеленые насаждения предоставляют различные экосистемные услуги, включающие очистку воздуха, регулирование микроклимата и обеспечение рекреационных возможностей горожан. Урбанизация, загрязнение воздуха и изменение климата являются факторами, снижающими биоразнообразие, что серьезно влияет на качество городской среды. Необходимы меры по интеграции биоразнообразия в городское планирование: создание зеленых коридоров, сохранение естественных экосистем и активное участие общественности в сохранении природы.

Качественного изменения существующей ситуации можно достичь только в случае, если рассматривать дворы не как пространства, изолированные друг от друга, но как целостную систему последовательных, взаимопроникающих и взаимодополняющих озелененных пространств, которые, будучи соединенными в сеть «зелёными» прогулочными маршрутами, органично включаются в более сложную озелененную пешеходно-прогулочную систему города.

Необходимо сформировать пространственную среду «зелёных» маршрутов эстетически и эмоционально насыщенной, разнообразной, что обеспечивается чередованием контрастных по динамичности композиции,

то спокойных и тихих замкнутых пространств, то открытых, соответственно оборудованных, побуждающих к активному досугу.

Сложная задача создания системы озеленённых городских территорий требует совместной работы разных специалистов. Необходим комплексный подход к планированию и дизайну городской среды, учитывающий, как объективные характеристики пространства, так и субъективные особенности восприятия жителей.

Положительный результат даст активное вовлечение горожан в процессы принятия решений, касающихся городской среды.

Важно организовать постоянное междисциплинарное сотрудничество между архитекторами, дизайнерами, психологами и социологами для создания комфортной и безопасной городской среды.

Для студентов, обучающихся по специальностям Архитектура и Дизайн. Тема «Двор XXI века» качестве обязательной тематики должна быть включена в перечень курсовых и дипломных проектов.

Объединение усилий специалистов могут привести к появлению профессионально разработанных конструкторов, каталогов, где будут представлены проекты различных форм и элементов, на основе которых можно выполнять объемные композиции по различным тематическим направлениям. Разработка оборудования на основе модульной системы позволит значительно расширить его вариативность.

Совершенствование жилых дворов представляет собой не просто благоустройство, но механизм трансформации городской среды из функционального пространства в гуманное, ориентированное на климат, культуру и повседневные сценарии жизни горожан. Грамотно адаптированные решения позволяют сделать дворы удобными, дружелюбными и привлекательными в течение всего года, что составит основу устойчивого и гуманного города, где в центре – человек.

Список использованных источников:

1. Нурмаков А. *Город в природе. Природа в городе* / А. Нурмаков. — Алматы: Urban Forum Kazakhstan, 2023. — 78 с.
2. Зыков М. Ю. *Гуманизация общественных пространств малых и средних промышленных городов средствами арт-дизайна: магистерская диссертация* / М. Ю. Зыков. — Екатеринбург: УрФУ, 2023. — 115 с.
3. Зотова И. А. Предметно-пространственная и физическая среда города как условие психологической безопасности жителей городов. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*, 2021.
4. Шимко В.Т. и др. *Архитектурно-дизайнерское проектирование. Генерирование проектной идеи*. – Архитектура. 2016г.
5. Лушикова О.Л. «Социально-экологическое пространство городской среды: история изучения проблемы» Материалы XX Международной конференции памяти профессора Л. Н. Когана, УрФУ, 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

Звукоизоляция является важным аспектом в проектировании зданий, обеспечивающим комфорт и безопасность жильцов. Шумное воздействие, исходящее от внешней среды (транспорт, промышленность) или внутри здания (соседи, техника), может нарушать условия проживания и работы. Одним из способов улучшения звукоизоляции является использование ограждающих конструкций с ребрами жесткости, которые обеспечивают не только прочность и устойчивость конструкции, но и могут оказывать влияние на акустические характеристики здания.

Звукоизоляция – это способность материала или конструкции препятствовать распространению звуковых волн. Для эффективной защиты от шума важно учитывать различные факторы, такие как материал, толщина, плотность и конструктивные особенности ограждающих конструкций. В данном контексте рассматриваются конструкции с ребрами жесткости, которые используются для усиления ограждающих элементов (стен, перегородок) без значительного увеличения их массы.

Ребра жесткости – это элементы, обычно выполненные из того же материала, что и основная конструкция, но с различным геометрическим оформлением (например, в виде вертикальных или диагональных полос). Эти элементы увеличивают жесткость конструкции, улучшая ее механические свойства, что важно для предотвращения деформаций и повышения устойчивости к нагрузкам. Однако, их влияние на звукоизоляцию не всегда очевидно и требует дополнительного анализа. Звукоизоляция в ограждающих конструкциях зависит от их способности затухать звуковые волны. Основным механизмом является отражение, поглощение и рассеивание звуковых волн на различных поверхностях конструкции. Ребра жесткости могут оказывать влияние на эти процессы.

В случае вертикальных ребер жесткости они могут усиливать отражение звуковых волн, уменьшая проникновение звука в конструкцию. Это может улучшить звукоизоляцию, особенно в тех частях конструкции, которые находятся под воздействием вибраций. Однако, если ребра жесткости размещены неправильно, они могут привести к образованию резонансных частот, что может ухудшить звукоизоляционные свойства.

Ребра жесткости могут влиять на распределение массы в ограждающей конструкции. Увеличение плотности или общей толщины материала ограждения может привести к улучшению его звукоизоляционных характеристик, поскольку более тяжелые и плотные материалы имеют более высокую способность блокировать звуковые волны.

Ребра жесткости могут изменять частотный отклик конструкции. Для этого требуется учитывать геометрические параметры ребер и их расположение. Неправильно подобранные размеры и форма ребер могут вызвать резонанс в определенных частотных диапазонах, что ухудшит звукоизоляцию. Поэтому важно проводить акустические расчеты для определения оптимальных характеристик ребер жесткости. Используемые материалы для ограждающих конструкций с ребрами жесткости также имеют большое значение. Например, бетонные конструкции с ребрами жесткости могут иметь другие звукоизоляционные свойства, чем аналогичные конструкции из кирпича или гипсокартона. В некоторых случаях использование специальных звукоизоляционных материалов в сочетании с ребрами жесткости может значительно улучшить акустические характеристики.

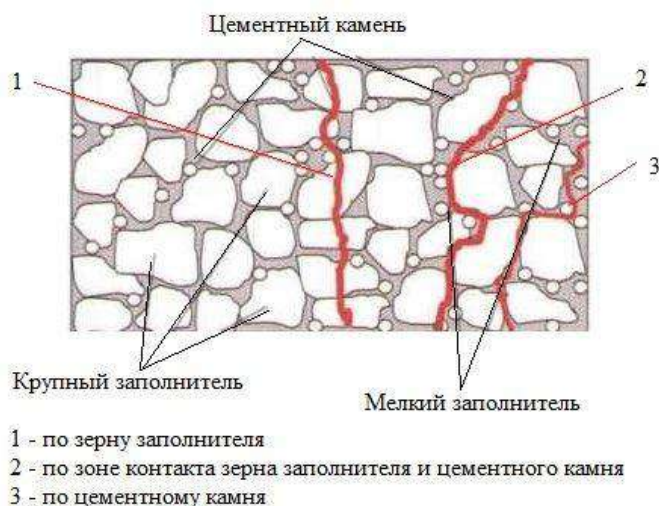


Рисунок 1 - Формирование жесткого каркаса бетона и схемы его разрушения

Для оценки влияния ребер жесткости на звукоизоляцию используются различные методы, включая:

Теоретические расчеты. Математические модели позволяют рассчитать акустические характеристики ограждающих конструкций, учитывая их геометрические параметры и механические свойства. Это позволяет предсказать эффективность различных конструктивных решений до начала строительства.

Экспериментальные исследования. Включают в себя лабораторные испытания, в ходе которых измеряется коэффициент звукоизоляции (например, по методике СНиП 23-03-2003 «Звукоизоляция зданий и сооружений») в условиях реальных конструкций с ребрами жесткости. Это позволяет на практике оценить, как изменение конструкции влияет на звукоизоляционные свойства.

Моделирование в численных программах. Современные методы численного моделирования, такие как методы конечных элементов (МКЭ), позволяют точно оценить влияние ребер жесткости на распространение звука в различных частях конструкции.

Результаты исследования показали, что использование ребер жесткости может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций, в зависимости от их конфигурации, материала и точного расположения. В некоторых случаях, особенно при использовании ребер с большой поверхностью и в сочетании с звукопоглощающими материалами, можно достичь значительных улучшений в звукоизоляции.

Исследование звукоизоляционных свойств ограждающих конструкций с ребрами жесткости позволяет сделать вывод о том, что для повышения звукоизоляции важно учитывать не только механические характеристики материалов, но и геометрические особенности конструкции. Подход, при котором ребра жесткости интегрируются в конструкцию с учетом акустических свойств, может существенно повысить эффективность защиты от шума. Дальнейшие исследования и эксперименты позволят более точно определить оптимальные конфигурации ребер жесткости для различных типов зданий и условий эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 8267-93 Щебень из твердых пород для строительных работ.
2. Волков В. Г., Елишин И. М., Харин А. И., Кристалев М. Н. Обогащение и фракционирование природных песков для бетона.
3. ГОСТ 8269-0-97 Щебень из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Физико-механические методы испытаний.
4. Кравцов А.И., Макаева А.А. Новые стандарты и строительное образование [Электронный ресурс] // Университетский комплекс как региональный центр развития образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 31 янв.–2 февр. 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Оренбургский гос. ун-т. Оренбург, 2018. С. 262-265.

POSSIBILITIES AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTING 3D PRINTING TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF KAZAKHSTAN

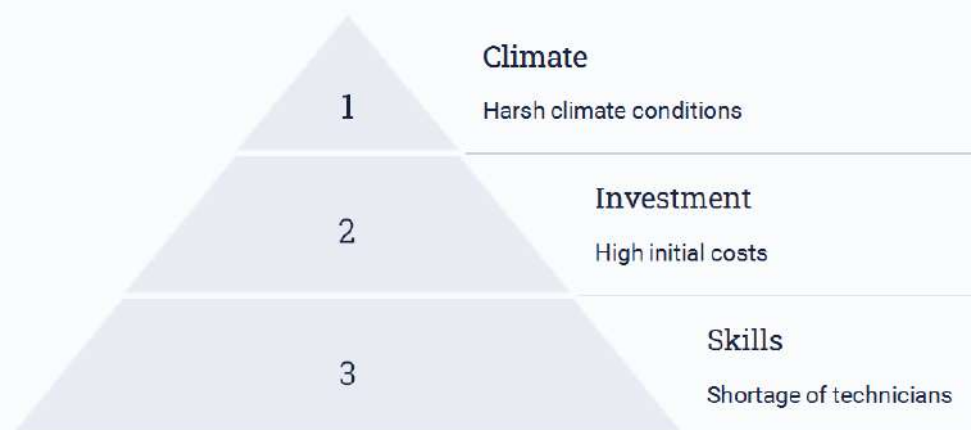
The construction sector in Kazakhstan is actively seeking innovative approaches to reduce costs, accelerate building timelines, and enhance the quality of completed structures. One of the most promising advancements in this area is 3D printing technology, which allows the layer-by-layer creation of construction components using specialized building materials. The integration of 3D printing into Kazakhstan's construction industry could bring about transformative changes, particularly in residential and infrastructure development. This technology is highly adaptable, capable of producing everything from basic components to complex structures such as houses, office buildings, bridges, retaining walls, modular units, reinforcement molds, columns, elements of urban infrastructure, and decorative features.

A primary area where 3D printing shows great promise is in mass housing construction. The technology allows for the rapid, cost-effective production of affordable homes, supporting government initiatives to address housing shortages, especially in densely populated or remote regions. Equally important is its application in infrastructure projects. 3D printers can efficiently build bridges, road surfaces, and various engineering structures, offering greater accuracy and lower costs. Furthermore, the technology holds great potential for emergency response situations, enabling the swift construction of temporary shelters in areas impacted by natural disasters or other crises.



Picture 1. Potential Applications in Kazakhstan

In the commercial and private construction sectors, 3D printing unlocks new opportunities by encouraging investment and enabling the development of modular buildings for offices, hotels, storage facilities, and other commercial purposes. The automated nature of the technology reduces material waste and construction debris, cutting down expenses and improving the environmental sustainability of projects. 3D printing is fundamentally changing the construction landscape by dramatically shortening project timelines by up to 70% and significantly reducing budget overruns. Structures that once took months to complete can now be built in a matter of days, vastly increasing construction efficiency. The technology is also highly economical and environmentally friendly, reducing material waste by as much as 60% and requiring only the exact amount of raw material needed. This leads to savings in procurement, transportation, and storage. Automation reduces labor expenses by up to 80%, which is especially beneficial in regions facing a shortage of skilled workers. Additionally, safety is improved on construction sites as automation replaces many hazardous manual tasks. The flexibility of 3D printing allows for real-time design modifications prior to printing, minimizing delays and increasing precision. International experience highlights the technology's effectiveness. For example, in 2019, the Dutch company CyBe Construction showcased its capabilities in the UAE, including printing a 168-square-meter laboratory in just three weeks. Operating at a speed of 600 mm/s, their printers can produce formwork, floors, walls, and even sewage systems in a matter of hours, demonstrating the practical efficiency of 3D construction.

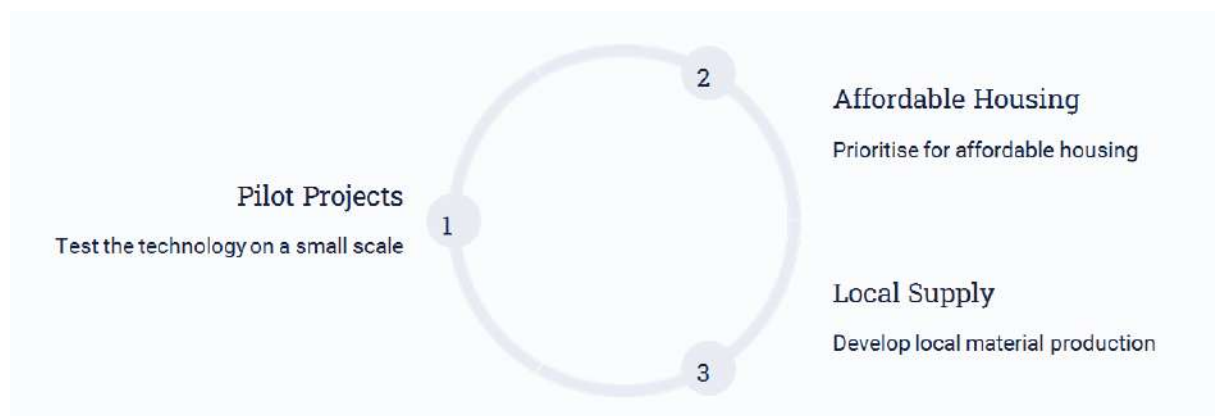


Picture 2. Challenges and Barriers in Kazakhstan

However, despite its advantages, the adoption of 3D printing in Kazakhstan's construction sector faces several challenges. The high cost of equipment remains a significant barrier for many firms. There is also a lack of qualified professionals with expertise in digital modeling, printer operation, and maintenance. In addition, the absence of standardized regulations and building codes tailored to 3D printing further hampers its widespread implementation.

Current printers also have limitations in the scale of structures they can produce, and the building materials must possess specific properties to ensure durability, stability, and rapid hardening. Overcoming these obstacles will require investments in workforce development, research into new construction materials, and the establishment of a comprehensive regulatory framework. Government support and collaboration with international companies and research institutions will be key in advancing this technology.

The widespread adoption of 3D printing in Kazakhstan's construction industry has the potential to drive significant progress in residential, infrastructure, and commercial construction. It offers faster project execution, reduced expenses, lower labor requirements, and enhanced safety. Furthermore, 3D printing paves the way for the realization of complex architectural designs, smart solutions, and prefabricated housing, which are especially important for regions facing housing and labor shortages. With Kazakhstan's strategic focus on digitalization and innovation, this technology could become a cornerstone of a modernized and competitive construction sector. It promises to deliver affordable, high-quality, and eco-friendly buildings, accelerate infrastructure development, and improve the global competitiveness of Kazakhstani construction firms.



Picture 3. Recommendations for Implementation

By embracing this technological shift, Kazakhstan has the opportunity to become a regional leader in innovative construction practices. The integration of advanced construction methods, digital design tools, and sustainable development principles will help modernize national infrastructure, reduce environmental impact, and boost construction efficiency. In turn, this will open new avenues for research, education, and employment—ultimately supporting the country's broader economic growth and improving quality of life for its citizens.

References:

1) A review of 3d printing technology-the future of sustainable construction ScienceDirect Volume 93, Part 3, 2023, Pages 408-414.

DEVELOPMENT OF NEW ROAD BUILDING MATERIALS

In Kazakhstan, the development of road infrastructure is seen as a key factor in the country's economic growth and social well-being. Sustainable development of transport infrastructure requires the introduction of innovative, durable and affordable materials that can work in difficult climatic and operational conditions [1].

In recent years, the government has paid special attention to the introduction of modern road construction materials that can increase the service life of roads and improve their quality, while maintaining the necessary physical and mechanical characteristics. Special attention is paid to the development of domestic production of materials using local raw materials and green technologies, as well as the use of industrial waste to improve the environmental friendliness of production.

Today, research and design organizations focus on a number of key areas:

- Increase the durability of coatings and reduce maintenance costs;
- Development of materials with adjustable characteristics depending on the climatic zone;
- Application of polymer, composite and nanomodified additives;
- Improvement of adhesion, frost resistance, resistance to rutting and water-repellent properties;
- Consideration of environmental friendliness and energy saving criteria.

Scientific research plays a key role in shaping modern standards of road construction. Kazakhstan Road Research Institute (KazdorNII) is a competence center in the field of:

- development of new formulations and modifiers for bitumen, mastics, stabilizers and geomaterials;
- conducting laboratory and field tests;
- preparation of recommendations for implementing solutions in regulatory and technical documentation.



Figure 1-Areas of scientific activity

One of the priorities is the creation of domestic road materials based on:

- mineral raw materials of local origin;
- industrial and agricultural waste (slags, ash, rice husks, plastics, etc.);

- recycled asphalt concrete crumbs and bitumen from the old pavement.

Such approaches make it possible to reduce the cost of construction, solve the problems of waste disposal, and comply with the principles of "green" construction.

To systematize innovative solutions, KazdorNII JSC has created a Register of new materials and technologies that have passed expert and field assessment [2].

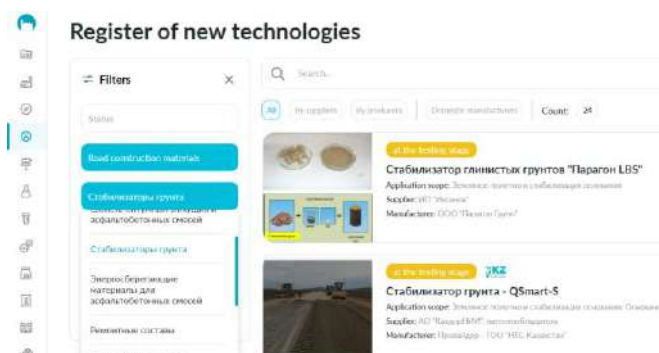


Figure 2-Register of new technologies of KazdorNII JSC

It includes:

- materials for improving the properties of bitumen binders and asphalt-concrete mixes;
- with soil stabilizers;
- energy-saving materials for asphalt-concrete mixes;
- repair trains.
- with meso and impregnation for road surfaces;
- geosynthetic materials and composites;
- anti-icing materials, materials for applying road markings;

This register is used for the examination of project decisions and public procurement, ensuring transparency and technological validity of the choice.

In 2025, Kazakhstan started field testing of 79 new materials for road construction [3], including the institute's own developments: bitumen modifier and asphalt-concrete mixtures (QSmart-PM), additives for soil stabilization (QSmart-S), impregnating compounds for cement-concrete coatings and dust-suppressing materials (QSmart-AntiDust).



Figure 3-Register of new technologies of KazdorNII JSC

All these products were developed by specialists of KazdorNII JSC and successfully passed laboratory tests, after which they are tested in real road conditions of the country.

Before introducing new materials into mass use, the following must be carried out:

- laboratory tests (strength, water resistance, frost resistance, fatigue life);
- field tests on road sections.
- monitoring behavior in real-world operating conditions;
- comparison with traditional materials on resource efficiency.

Based on this data, decisions are made about including the material in the standards or justifying its use in specific projects.

Results and prospects

Modern materials used in road construction demonstrate steady progress in both manufacturability and environmental friendliness [4]. In particular:

1. Materials for improving the properties of bituminous binders and asphalt-concrete mixes have significantly increased the durability and resistance of road surfaces to climatic and mechanical loads.
2. Soil stabilizers have shown high efficiency in increasing the load-bearing capacity of weak substrates, which is especially important in conditions of unstable soils and seasonal heaving.
3. Energy-saving materials for asphalt mixes can reduce production and installation costs, contributing to the introduction of "cold" and "warm" asphalt technology.
4. Repair trains provide prompt and high-quality restoration of damaged sections of the roadway, which significantly reduces road downtime.
5. Road surface mixes and impregnations improve traction and protect against premature failure, especially in heavy traffic conditions.

In the future, the key areas of development will be:

1. Expanding the use of recycled and environmentally friendly materials;
2. Introduction of digital monitoring and quality control in production and installation;
3. Modification of trains based on local climatic conditions;
4. Combining different types of additives and geosynthetics to create "smart" coatings.

Thus, the development of innovative materials for road construction opens up broad opportunities for creating more durable, sustainable and energy-efficient transport infrastructures.

List of used literature

1. Modified concrete for cement-concrete roads of the Republic of Kazakhstan. (2025) Qazaq Highway Science and Innovation, 1(1). Available at: <https://science-jolshy.qazjolgi.kz/ru/article/view/25> (Accessed: 5 June 2025).
2. Republic of Kazakhstan. (2025). Register of road materials and technologies: electronic database of Kastornia.
3. <https://urbanexpert.kz/news/kazakhstan/79-novich-materialov-dlya-dorozhnogo-stroitelstva-protestiruyut-v-kazahstane-328>
4. Alibayeva A. et al. Enhancing sustainable pavement materials: Assessing modifying additives in bitumen for improved environmental performance //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2025. – T. 614. – C. 04012.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ В УСЛОВИЯХ Г. ПАВЛОДАРА

Введение

Надёжность фундаментов зданий и сооружений напрямую зависит от инженерно-геологических условий строительной площадки и правильного выбора технологии устройства свайных оснований. В условиях г. Павлодара особое внимание необходимо уделять типу грунта, степени его увлажнённости и переменной плотности основания.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего исследования является проведение комплексных сравнительных испытаний свай различных типов в естественных условиях, характерных для Павлодарского региона. Задачи включают анализ влияния метода устройства сваи (забивка, лидерное бурение, буронабивной способ) на несущую способность, деформационные характеристики и поведение свай под нагрузкой.

Методика

Испытания проводились согласно ГОСТ 5686-2020 на специально отобранных участках с различными типами грунтов. Применялись статические методы определения несущей способности свай при осевом вдавливании. Использовались методы пошагового нагружения до достижения предельной осадки или появления признаков отказа.

В соответствии с программой испытаний были организованы три опытных полигона:

На опытном полигоне №1 погружение свай осуществлялось с поверхности земли методом забивки. Забивка пробных свай С120.30-13 производилась с использованием сваебойной установки «Junttan PM25LC», оснащённой гидравлическим молотом ННК-8А с массой ударной части 8000 кг и наголовником весом 990 кг. Сваи погружались с абсолютной отметки поверхности 120.186 м (точка ТР-3) и 120.221 м (точка ТР-6) на глубину 11.40 м, до отметок 108.786 м и 108.821 м соответственно. Пробные сваи были изготовлены из бетона класса С20/25 (В25), с морозостойкостью F150 и водонепроницаемостью W6, армированы продольной рабочей арматурой 4Ø25 и спиральной арматурой Ø5 мм.

На опытном полигоне №2 монтаж свай осуществлялся методом забивки в предварительно пробуренные лидерные скважины диаметром 250 мм на глубину 11,0 м — соответствующую толщине промерзшего слоя грунта. Пробные железобетонные сваи длиной 12,0 м и сечением 300×300 мм были установлены с абсолютной отметкой поверхности земли 119,780 м (ТР-11) и 119,858 м (ТР-14). Сваи изготавливались из бетона класса С20/25 (В25), с морозостойкостью F150 и водонепроницаемостью W6, и

армировались продольной арматурой 4Ø25 класса А400 и спиральной арматурой Ø5 мм Вр1. Масса одной сваи составляла 2730 кг. Абсолютные отметки верха и низа свай фиксировались по факту погружения, обеспечивая точность контроля заглубления в условиях предварительного бурения.

Таким образом на опытном полигоне №3 были применены буронабивные сваи, устройство которых осуществлялось методом бурения с последующим бетонированием без вибрационного или ударного воздействия на окружающий грунт.

Рабочие буронабивные сваи №79 и №88 диаметром 620 мм с абсолютной отметки поверхности земли 119.750 м, на глубину 7.850 м, до отметки дна 111.900 м.

Сваи выполнялись с использованием буровой установки Bauer BG28 в обсадной трубе. Для целей статических испытаний заранее была сформирована временная голова сваи на отметках 120.735 м (№79) и 120.632 м (№88), которая после завершения испытаний срезается до проектной отметки 119.950 м.

Конструкции выполнены из бетона класса С20/25 (В25), с показателями морозостойкости F150 и водонепроницаемости W6, армированы продольной арматурой 6Ø16 класса А500С и поперечной Ø10 класса А240.

Полевые испытания свай ТР-3, ТР-6, ТР 11 и ТР 14 проводились через 34–36 суток после забивки для стабилизации контактных условий,

а также полевые испытания проводились после набора прочности бетона испытанных буронабивных свай № 79 и №88 и анкерных буронабивных свай не менее 80%.

Нагрузка прикладывалась гидравлическим домкратом ДГ200П150 через насос Енеграс Р462, с фиксацией давления манометром МА100ВУ100. Осадка свай измерялась двумя прогибомерами 6ПАО с точностью 0,01 мм, результаты фиксировались в журнале испытаний.

Испытания проводились вертикально вдавливающими, ступенчато возрастающими нагрузками: первые три ступени составляли по 123 кН, последующие — по 61 кН. Для свай, расположенных на опытных полигонах №1, №2 и №3 предельная нагрузка составляла соответственно 1047 кН, 801 кН и 677 кН.

Каждая ступень выдерживалась минимум 15 минут или до стабилизации осадки. На основе данных строились зависимости «нагрузка—осадка» для оценки несущей способности свай.



Рисунок 1. Проведение статических испытаний свай

Результаты и анализ

По результатам полевых испытаний, были получены следующие значения осадок свай при предельной нагрузке равной 1047кН, их перемещения (осадка) составили 4.71мм и 4.46мм, при предельной нагрузке 801 кН их перемещения (осадка) составили 4.11 мм и 3.85 мм, а при предельной нагрузке равной 677кН, их перемещения (осадка) составили 2.62мм и 3.46мм.

Вывод

Проведённые полевые испытания опытных полигонов №1, №2 и №3 подтвердили соответствие проектным требованиям и высокую несущую способность свай соответственно 1083 кН, 837 кН и 785 кН. Полученные значения осадок (менее 5 мм) и расчётные показатели позволяют рекомендовать применение технологии устройства забивных и буронабивных свай в инженерно- геологических условиях г. Павлодара.

Список литературы

1. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
2. Кузьмин С.Ф. Основы расчёта и проектирования свайных фундаментов. – М.: Стройиздат, 2015.
3. Соловьев А.А., Орлов Д.И. Геотехника и основания зданий. – СПб.: Питер, 2020.
4. Попов А.И. Влияние способа погружения на несущую способность свай. // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2021. – №3.
5. Технический отчёт по инженерно-геологическим изысканиям. Павлодар, 2023.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ BIM И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВО

Современная строительная отрасль находится на этапе активной цифровой модернизации, ключевыми элементами которой являются технологии информационного моделирования зданий (BIM) и применение методов искусственного интеллекта (ИИ). Их внедрение способствует существенному повышению эффективности процессов проектирования, управления и эксплуатации строительных объектов.

BIM обеспечивает цифровое воспроизведение физических и функциональных параметров объекта на всех этапах его жизненного цикла. ИИ позволяет анализировать большие объёмы информации, прогнозировать риски, оптимизировать логистику и автоматизировать проектные решения. Совместное применение этих технологий открывает возможности для нового уровня автоматизации и прозрачности в отрасли.

Цель работы — изучить перспективы и результаты интеграции BIM и ИИ в строительную сферу, а также оценить потенциал их внедрения на территории Республики Казахстан.

1. Современные подходы к цифровизации строительства

Цифровизация строительной отрасли — это переход от традиционных методов проектирования и управления строительством к более эффективным, основанным на использовании цифровых данных, моделей и алгоритмов. Главные направления этой трансформации — внедрение технологий **BIM (Building Information Modeling)** и **искусственного интеллекта (ИИ)**. Эти технологии позволяют повысить точность, ускорить процессы, снизить затраты и минимизировать ошибки.

1.1 Определение и функции BIM.

Технология BIM (Building Information Modeling) представляет собой методику цифрового моделирования зданий и сооружений, охватывающую все этапы их жизненного цикла — от проектирования до эксплуатации и сноса. В отличие от традиционных чертежей, BIM-модель содержит не только геометрию, но и информацию о материалах, стоимости, сроках, технических характеристиках, а также взаимодействиях различных инженерных систем. Применение BIM значительно повышает точность проектной документации, позволяет выявить коллизии между разделами до начала строительства и обеспечить эффективную координацию между всеми участниками проекта. Это ведёт к сокращению сроков проектирования и строительных работ, снижению затрат и уменьшению количества ошибок на площадке.

1.2 Алгоритмы и инструменты ИИ в строительстве.

Искусственный интеллект в строительстве внедряется в форме алгоритмов машинного обучения, обработки больших данных и автоматизированного анализа. ИИ способен обрабатывать огромные массивы информации, получаемые как с BIM-моделей, так и со строительных площадок в режиме реального времени. Это позволяет прогнозировать риски, оптимизировать графики строительства, управлять ресурсами и предсказывать потенциальные сбои до их возникновения. ИИ активно используется для анализа фото- и видеоматериалов, автоматического контроля техники безопасности, оценки хода строительства, а также для генеративного проектирования, при котором архитектурные и конструктивные решения формируются автоматически на основе заданных параметров.

2. Примеры эффективного использования технологий

2.1 В Германии BIM стал обязательным для всех государственных инфраструктурных проектов. Примером является строительство новых железнодорожных станций и тоннелей Deutsche Bahn. Использование BIM-моделей позволяет координировать работу архитекторов, инженеров и подрядчиков в единой среде, минимизируя риски несогласованности. Благодаря цифровому моделированию удалось сократить сроки проектирования на 25% и улучшить прозрачность взаимодействия всех участников процесса.

2.2 В Китае особое внимание уделяется сборно-монолитному строительству и промышленной стандартизации. Здесь BIM и ИИ активно используются на заводах по производству модульных конструкций. Яркий пример — реализация масштабных жилищных программ в Пекине и Шанхае, где типовые элементы зданий проектируются и оптимизируются с помощью цифровых инструментов. Благодаря этому удаётся существенно снизить себестоимость строительства и сократить сроки возведения объектов до нескольких месяцев.

3. Сравнительный анализ

Таблица 1 Сравнительные показатели исследования

Показатель	Без BIM/ИИ	С BIM/ИИ
Срок проектирования (мес)	10	6
Точность сметных расчетов (%)	70	95
Экономия на эксплуатации (%)	5–10	20–30
Уровень автоматизации (%)	25	80

4. Основные барьеры внедрения

Одним из ключевых ограничений является **недостаточная квалификация специалистов**. Внедрение BIM и ИИ требует не только знания профильных программных продуктов, но и нового подхода к проектированию, управлению и координации процессов. Однако в

образовательной системе пока недостаточно программ, ориентированных на подготовку таких кадров, а многие действующие специалисты не имеют необходимого уровня цифровой грамотности.

Вторым значимым барьером выступает **отсутствие единой нормативной базы и стандартов**, регламентирующих использование BIM-моделей и цифровых инструментов. Действующие строительные нормы и правила (СНиПы) часто не учитывают специфику информационного моделирования, что создает правовую неопределенность при реализации проектов и вызывает сложности при согласовании документации с государственными органами.

5. Рекомендации по внедрению в РК

На основании анализа можно сформулировать следующие рекомендации:

- **Обновление нормативной базы** — адаптировать строительные нормы с учётом технологий BIM и цифрового проектирования.
- **Подготовка кадров** — ввести образовательные программы по BIM и ИИ в профильных вузах и организовать курсы повышения квалификации для действующих специалистов.
- **Государственная поддержка** — реализовать пилотные цифровые проекты с участием государства и предоставить субсидии или налоговые льготы компаниям, внедряющим новые технологии.
- **Создание единой цифровой платформы** — разработать национальные стандарты обмена данными между участниками строительного процесса.
- **Информационная кампания** — продвигать преимущества BIM и ИИ среди участников строительного рынка для преодоления сопротивления изменениям.
- **Международное сотрудничество** — привлекать зарубежных экспертов и изучать опыт стран-лидеров в сфере цифровизации строительства.

Список использованной литературы:

1. Autodesk — мировой лидер в области BIM-технологий
<https://www.autodesk.com/solutions/bim>
2. buildingSMART International — организация, занимающаяся стандартами открытого BIM
<https://www.buildingsmart.org/>
3. European Commission – BIM in Public Procurement (Доклад о внедрении BIM в Европе)
<https://single-market-economy.ec.europa.eu>
4. ALICE Technologies — ИИ для оптимизации строительных графиков
<https://www.alicetechologies.com>
5. OpenSpace — анализ строительства на основе фото/видео и ИИ
<https://www.openspace.ai>

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ
СООРУЖЕНИЯ «КАЗАХСТАН ТЕМИРЖОЛЫ»

Для расчёта точности измерений, проводимых для сооружений на слабых грунтах, целесообразно использовать метод, основанный на распределении Стьюдента [1]. Формула следующая:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu)}{s/\sqrt{n}} \quad (1)$$

где $\bar{x}$ – выборочное среднее,

μ – истинное среднее,

s – стандартное отклонение выборки,

n – объем выборки.

Сооружением, на результатах мониторинга которого будет представлена работа данного метода на практике, послужили здания «Казахстан Темиржолы».

Результаты геодезических измерений здания КТЖ, а также вычисленные значения смещений координат между первым и последующими циклами представлены в работе [2].

Сперва вычисляем среднее значение осадок по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

Затем определяем стандартное отклонение, которое является наиболее достоверным показателем разброса данных. Это квадратный корень отношения суммы разностей между каждым отдельным элементом массива от средней величины к числу степеней свободы ($n-1$) [3]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Далее представляем доверительный интервал в виде двойного неравенства, где истинная величина a лежит между начальным и последним значениями интервала, формула предстанет в данном виде [4]:

$$P(\bar{x} - t_k M \leq a \leq \bar{x} + t_k M) = R, \quad (4)$$

где $\bar{x}$ — выборочное среднее,
 t_k — критическое значение распределения Стьюдента при $k = n - 1$ степенях свободы,

$M = \frac{s}{\sqrt{n}}$ — средняя квадратическая ошибка среднего,

R — заданная вероятность (например, 95%).

Был проведён расчёт стандартных отклонений и доверительных интервалов по каждой координате, результаты которого занесены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1. Результаты расчётов по 37-этажному зданию

Координата	Стандартное отклонение (s, мм)	Доверительный интервал ($\pm$, мм)
ΔY	7,54	4,8 $\pm$ 7,46
ΔX	7,04	0,2 $\pm$ 6,96
ΔZ	8,46	-2,4 $\pm$ 8,36

Таблица 2 Результаты расчётов по 40-этажному зданию

Координата	Стандартное отклонение (s, мм)	Доверительный интервал ($\pm$, мм)
ΔY	8,37	0,4 $\pm$ 8,27
ΔX	1,8	-0,5 $\pm$ 8,27
ΔZ	7,68	-5,0 $\pm$ 7,59

На основе вышеприведённых результатов, полученных путём статистического анализа, можно сделать следующие выводы.

Если посмотреть лишь стандартные отклонения и сделать тем самым предварительные выводы, то мы увидим, что у 37-этажного здания значения данных показателей в общем итоге выше, чем у 40-этажного. Это можно трактовать как подтверждение того, что величины смещений в первом здании изменяются с большими скачками, чем во втором [5]. В свою очередь, возможно факт более высокой изменчивости осадками обусловлен другой причиной, а именно крупной погрешностью измерений (что удивительно ввиду применения высокоточных приборов и привязки сети к спутниковой системе позиционирования). Однако, только что выведенные умозаключения не являются всеобъемлющими, учитывая, что они выстроены на основе всего-навсего стандартными отклонениями. По этой причине стоит перейти к интерпретации полученных доверительных интервалов, которые являются более объективной характеристикой для анализа.

Доверительные интервалы значений смещений обоих зданий вышли довольно широкими по всем координатам. Это означает, что диапазон возможных данных измеренного значения довольно велик и измерения являются неточными.

Доверительные интервалы вертикальных смещений выстроены таким образом, что их середины лежат на отрицательных значениях, а это явственно указывает на наличие осадков.

У доверительных интервалов горизонтальных смещений по координате ΔX обоих зданий середины лежат достаточно близко к нулю, что может быть признаком отсутствия критически важных деформаций.

Список использованных источников:

1. Игильманов А. А. Исследование вопросов соотношения между строительными допусками и точностью геодезических работ на основе теории малой выборки – Москва, 1979. – 163 с.
2. Е.Н. Хмырова. Исследование устойчивости и мониторинг состояния инженерных сооружений – КарГТУ, Караганда, 2015. – 152 с.
3. Огурицов А. В. Методика геодезического контроля осадок зданий. — Вестник ГУЗ, №3, 2018. — С. 32–38.
4. Назаров В. А. Геодезический мониторинг в условиях слабых грунтов. — Строительная геодезия, №2, 2021. — С. 12–20.
5. Власов И. В. Геодезический анализ вертикальных смещений зданий. — ГеоИнфо, №4, 2023. — С. 18–27.
6. Воробьев А. И. Применение теории малой выборки в инженерной геодезии. — Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2019, №5. — С. 22–2

ПОЛИМЕРЛІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ АСФАЛЬТОБЕТОН ҚҰРАМДАРЫН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Кіріспе. Қазіргі заманғы жол құрылысы жоғары беріктікке, жарықшаққа төзімділікке, температуралық ауытқуларға шыдамдылыққа және ұзақ қызмет ету мерзіміне ие материалдарды талап етеді. Перспективалық бағыттардың бірі — асфальтобетонды полимерлік қалдықтармен модификациялау. Бұл жабын қасиеттерін жақсартып қана қоймай, өнеркәсіптік қалдықтарды ұтымды пайдалануға да септігін тигізеді.

Асфальтобетонға арналған полимерлік қоспалар. Полимерлік қоспалар, соның ішінде қайталама каучук пен полиолефиндер негізінде өндірілетіндері, битумды байланыстырушы және асфальтобетон қоспаларын модификациялау үшін қолданылады. Олар битумның температуралық өзгерістерге сезімталдығын төмендетеді, когезиялық беріктігін, жылуға төзімділігін және серпімділігін арттырады. Бұл асфальтобетонның төмен температураларда жақсы жұмыс істеуін, жарықшаққа төзімділігін және ығысуға тұрақтылығын арттырады [1,4,5].

Полимерлік қоспалардың түрлері және енгізу тәсілдері:

Комплексті термоэластопластар (мысалы, КОУДАFLEX РМВ) модифицирленген битумдар мен асфальтобетон қоспаларын өндіру үшін пайдаланылады. Қоспалар «құрғақ әдіспен» — тікелей асфальтобетон қоспасына немесе «дымқыл әдіспен» — битумды ыдысқа енгізіледі. Қолдану мөлшері битум массасының 1–4% құрайды [1].

ПДА-3 полимерлі дисперстік арматуралық қоспасы қайталама каучук пен полиолефиндерден тұрады, пластикалық деформацияларға (мысалы, ойықтар түзілуіне), суға төзімділікке және коррозияға төзімділікке төзімділікті арттырады. Ұсынылатын дозасы — қоспаның минералдық бөлігі массасының 0,4% [5].

Полимерлік қоспалардың асфальтобетонның деформациялық қасиеттеріне әсері

Полимерлік қоспаларды енгізу битумның тұтқырлығын арттырады, бұл асфальтобетонның жарықшаққа төзімділігі мен жылуға төзімділігін жақсартады. Стирол мен бутадиең сополимерлері битумда жоғары серпімді құрылым түзіп, жұмсару температурасын және аязға төзімділігін арттырады [4]. Бұл өз кезегінде қысу беріктігін, ығысуға төзімділігін және жабынның ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз етеді [1,4,5].

Полимерлік және минералдық қалдықтарды пайдалану

Маңызды аспектілердің бірі — екінші реттік полимерлік қалдықтар мен минералдық өндірістік қалдықтарды (мысалы, ұсақталған әктасты) модифицирленген асфальтобетон өндіруде қолдану. Мұндай қоспалар битум шығынын азайтуға, өзіндік құнын төмендетуге және жабындардың пайдалану қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, өндірістік қалдықтар қосылған асфальтобетон жоғары беріктікке, жылуға төзімділікке және суға төзімділікке ие.

Технологиялық ерекшеліктер

Полимерлік қоспалармен модифицирленген асфальтобетон қоспаларын стандартты асфальтобетон зауыттарында қосымша жабдықтарсыз дайындауға болады. Қоспаларды «құрғақ әдіспен» немесе битумды резервуар арқылы енгізу жақсы араласу мен полимерлердің қоспада біркелкі таралуын қамтамасыз етеді [1].

Қорытынды

Полимерлік қалдықтардан алынған қоспаларды асфальтобетон құрамына енгізу оның деформациялық және пайдалану қасиеттерін айтарлықтай жақсартады: беріктігі, жарықшаққа төзімділігі, температуралық ауытқулар мен пластикалық деформацияларға төзімділігі артады. Бұл жол жабындарының қызмет ету мерзімін ұлғайтып, жөндеу мен қызмет көрсету шығындарын азайтады. Сонымен қатар, мұндай қоспаларды қолдану полимерлік қалдықтарды қайта өңдеу және өнеркәсіптік минералдық қалдықтарды тиімді пайдалану арқылы экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

Осылайша, қалдықтарды пайдалану арқылы полимермодификацияланған асфальтобетондарды әзірлеу және енгізу жол құрылысының болашағы зор бағыты болып табылады. Бұл жабындардың сапасы мен ұзақмерзімділігін арттыра отырып, олардың өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Қолданылған әдебиеттер

1. *Переработанный пластик в дорожном строительстве [Электронный ресурс].*
2. *Эффективный модификатор асфальтобетонов на основе полимерных отходов [Электронный ресурс].*
3. Поляков Н.В. Использование отходов пластика в асфальтобетонных смесях для улучшения качества дорожного покрытия / Н.В. Поляков. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. – 3 с.
4. Салахова В. Ученые Политеха придумали, как сделать асфальт прочнее и долговечнее // Вести-Пермь, 2022.
5. «Умник» из СКФУ разработал способ улучшить асфальт с помощью переработанного пластика // Северо-Кавказский федеральный университет, 2021.

НОВЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

Бетон и железобетон – основные строительные материалы, позволяющие производить их новыми индустриальными способами, обеспечивающими высокую эффективность и рентабельность объектов различного назначения.

За основу предлагаемого способа производства была принята технологическая линия по производству преднапряженных железобетонных изделий методом безопалубочного формования на длинных стендах [1,2,3,4].

Технологическая линия включает в себя комплект оборудования, производимый Научно-производственным центром «Стройтех» г.Москвы.: [2].

- бетоносмесительный узел;
- машина для чистки и смазки дорожек;
- машина для раскладки арматуры;
- формующая машина вибрационного или экструзионного действия;
- машина для вертикальной резки;
- погрузочно-разгрузочные машины и установки.

По данной технологии выгодно производить такие изделия как колонны, многопустотные плиты, ригели, сваи, дорожные плиты и другие. Метод безопалубочного формования позволяет снизить на 20-30% себестоимость строительства жилья, объектов соцкультбыта, промышленного и транспортного строительства [3].

Следует отметить, что по мнению В.Л.Уткина современные технологии дают наибольший экономический эффект, если применяются в комплексе, т.е. в цехе состоящем из двух пролетов 18 х 120 – 140 метров рекомендуется разместить:

- технологическую линию для безопалубочного формования плит пустотного настила, балок и т.п. на подогреваемом полу;
- технологическую линию для вибропрессования бетонных стеновых блоков, тротуарной плитки, бортового камня;
- участок формования железобетонных элементов пространственного каркаса – колонн и ригелей.

В результате получаем домостроительный комбинат XXI века. Его основой является линия безопалубочного формования пустотных плит, производительность которой определяется мощностью такого ДСК (250000 м² жилья в год). Численность работающих не превышает 80 человек (при

работе в две смены). Такие нормы приняты в Европе и Северной Америке для рентабельных предприятий [2,3].

Подобные индустриальные комплексы создаются в Москве и Московской области, Санкт-Петербурге и Ленинградской области, городах средней величины (Казани, Тюмени, Ярославле) и даже в малых городах (Саранске, Старом Осколе). Поставку оборудования (для технологических линий и бетоносмесительных комплексов) осуществляют предприятия, входящие в объединение «Стройтех». При этом наукоемкие узлы поставляются из-за рубежа, а металлоемкие – с российских заводов. Так мы поддерживаем качество продукции, надежность оборудования и сервис на европейском уровне, оставаясь независимыми от зарубежных конкурентов и контролируя стратегические вопросы развития отечественной строительной индустрии [3].

Суммарные затраты на приобретение названных технологических линий не превышают 2,5 миллиона долларов при наличии работоспособного бетоносмесительного оборудования, если к основному оборудованию добавляется бетоносмесительный комплекс на две технологические линии.

Инвестиции окупаются за два года при продаже 100% производимых материалов и за полтора года при их использовании в собственном строительстве. (Для сравнения: линия для автоклавного производства ячеистого бетона стоит 10-14 млн. долларов и окупается за 10-12 лет. По той же причине нецелесообразно приобретение новых заводов керамического кирпича). [3].

Высокая окупаемость предлагаемого индустриального комплекса дает возможность привлекать инвесторов. Причем экономические интересы промышленного предприятия и инвестора полностью совпадают с государственными интересами [3].

Практика применения свай выдвинула новые требования к ним. Действительно, если сваи по высоте делать из двух или трех видов бетона, то можно добиться того, что каждый участок такой сваи будет выполнять предназначенную ему функцию. Нижняя часть сваи, которая должна обеспечивающая погружение ее на проектную глубину, должна выгодно отличаться по прочности (марка бетона не менее М500) от верхней части.

Средняя часть сваи должна помимо прочности еще обладать высокой сопротивляемостью к действию агрессивных сред грунтов. Верхняя часть сваи должна быть изготовлена из бетона, обладающего демпфирующими свойствами, так как она не должна разрушаться при погружении ее в грунт сваебойным молотом.

Обобщая данные о прогрессивных технологиях и опыт устройства и эксплуатации свайных фундаментов, нами была разработана технология изготовления нового вида свай – анизотропных, состоящих из трех функциональных зон.

Для изготовления анизотропных железобетонных свай нами были внесены изменения в конструкцию формующей машины, применяемой в технологии изготовления анизотропных свай.

Для обеспечения непрерывного формования анизотропной сваи предложено увеличить количество бункеров для смеси, которое равно количеству функциональных зон железобетонного изделия.

Следует отметить, что такой подход в придании специальных свойств слоям можно выгодно применить и при формовании бетонных и железобетонных изделий для дорожного строительства. Верхний слой должен выполнять функции повышенной стойкости к ударно-динамическим нагрузкам, абразивному износу и обеспечивать требуемый колор (цвет). Нижний слой выполняет роль сдерживания развития процессов разрушения бетона от действия коррозии и обеспечивает дренарующие функции.

Подробное описание работы и характеристики линий для изготовления анизотропных изделий приведено в «Технологическом регламенте...», утвержденном ЗАО «НИИСтромпроект».

Список литературы:

1. Байджанов Д.О. Развитие теории и практики получения экструзионного бетона и железобетона. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени доктора техн. наук. Алматы, НИИСтромпроект 2002г, 43с.
2. Розенберг Т.И., Каплан А.С., Ямбор Я.Н. Механизм действия добавок электролитов на структуру цементного камня и свойства бетонов //Бетон и железобетон, 1977, №7, С. 6-9.
3. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций //НИИЖБ, Госстроя СССР. М., 1981, 56 с.
4. Цыганков И.И. Экономика применения суперпластификаторов.-Бетон и железобетон. 1981, №9.

АЗ ҚАБАТТЫ АЗАМАТТЫҚ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЖЫЛУ ТИІМДІЛІГІН
ЗЕРТТЕУ

Аз қабатты құрылыс барлық заманауи талаптарға сай келетін қауіпсіз, жайлы тұрғын үй сатып алуға мүмкіндік береді. Алайда, мұндай үйлердегі жылу шығындары көп қабатты үйлерге қарағанда әлдеқайда жоғары екендігі белгілі, өйткені жылу шығыны көп, бұл ғимарат формасының ақтамдылық коэффициентінің мөлшеріне байланысты.

Электр және жылу энергиясын пайдалану тарифтерінің тұрақты өсуіне және органикалық отын қорларының біртіндеп сарқылуына байланысты Энергияны үнемдеу мәселесі өзекті бола түсуде. Оның шешімі мәселенің экономикалық жағын ескеруі керек. Энергия тапшылығы жағдайында энергияны кез-келген мағыналы үнемдеу өзекті болады, егер оны іске асыру кері әсермен жүрмесе, яғни ол энергияны қажет етпейді. Ол үшін энергияны үнемдейтін барлық іс-шаралар экономикалық тұрғыдан тиімді болуы керек [1].

Техникалық-экономикалық негіздеменің болмауы жаңа және күрделі жөндеуден өткен ғимараттарды салу кезінде материалдық ресурстардың ұтымсыз жұмсалыуына және рентабельді емес капитал салымдарына әкеледі [2].

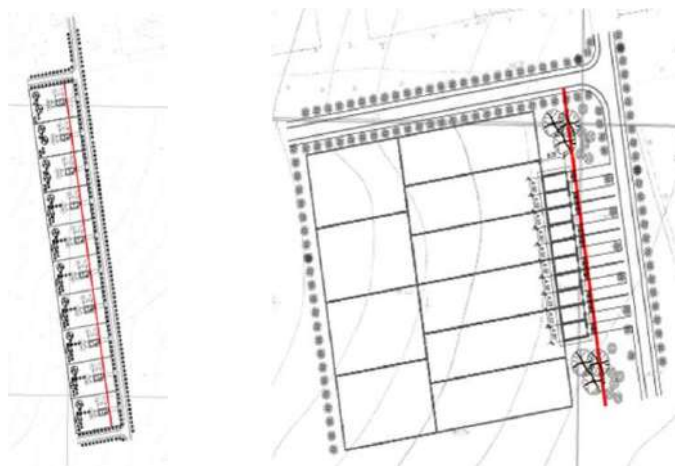
Құрылыстағы энергияны үнемдеу мәселесін шешуде қабылданған шешімдерді техникалық-экономикалық негіздеу мәселелері бірінші орынға шығады. Жылу үнемдеу тұрғысынан тиімді кейбір энергия үнемдеу шаралары, мысалы, ғимараттың «күн» қабырғасын салу 20 және одан да көп жыл өтелу мерзімі ұзақ болғандықтан, кеңінен қолданылмайды.

Энергияны үнемдейтін шешімдер қарастырылады: ұқсас тұрғын үйлерді блоктау, жылудан қорғайтын перделерді пайдалану, кейбір қосалқы бөлмелерді жер үсті бөлігінен ғимараттың жер асты кеңістігіне жылжыту және тегіс күн коллекторының оңайлатылған конструкциясын қолдану.

Белгілі болғандай, объектілерді блоктау кезінде жылу энергиясын үнемдеу әсеріне блоктаудан кейін ғимарат пішінінің жинақылық коэффициентін азайту арқылы қол жеткізіледі. Дегенмен, бұл сонымен қатар жартылай жеке ғимарат салуға кететін бір реттік шығындарды азайтады.

Энергияны үнемдеу тиімділігі жоспардағы өлшемдері 4,5 x 8 м және биіктігі 6 м болатын он бөлек бірдей тұрғын үй ғимаратының желілік схемасы бойынша блокировкасы бар коттедждік қалашық мысалында бағаланды (1-сурет). Блокты үй - бұл әрқайсысының жеке кіреберісі бар бір-біріне іргелес жатқан аз қабатты тұрғын үйлер тізбегі. Іргетас пен жертөле

қабырғалары үшін бетон блоктары, ал қабырғалар мен арақабырғалар үшін кірпіштен жасалған бұйымдар пайдаланылды.

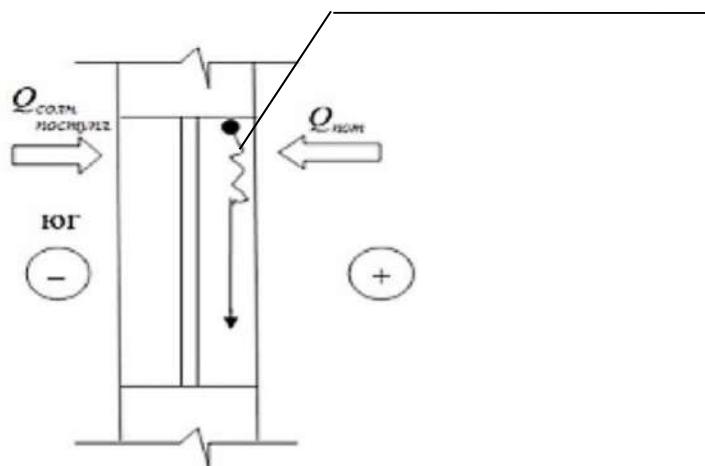


1-сурет – Жеке және жартылай жеке тұрғын үй ғимараттары

Іргетас материалдарын үнемдеу олардың ұзындығының қысқаруы есебінен ғана емес (бұғатталған әрбір екі сыртқы қабырға бір ішкі қабырғаға айналады), сонымен қатар бітеліп қалған қабырғалардың астына терең іргетастарды салудың қажеті жоқтығына байланысты.

Қарастырылып отырған блоктау әдісінде бағалау критерийі елді мекендердің орналасуын оңтайландыруға, бақша учаскесінің көлеміне және т.б.

Терезелердің термиялық қорғанысын арттырудың бір нұсқасы - бөлме жағында термиялық қорғаныс перделерін орнату. Олардың конструкциясы терезелер арқылы $Q_{\text{ком}}$ жылу ағынын азайту нәтижесінде суық мезгілде бөлмедегі жылу шығынын азайтуға мүмкіндік береді (2, 3-суреттер).



2-сурет – Терезенің жылудан қорғайтын пердесі бар схемасы



3-сурет – Жылудан қорғайтын пердесі бар терезе

Мұндай перделер күннің қараңғы уақытында, негізінен күзде және қыста, күндізгі жарық қысқа болған кезде түсіріледі.

Термиялық қорғаныс перделерін пайдаланудың орындылығын бағалау үшін бағалау критерийі ретінде өтелу мерзімі қабылданды.

Оны азайту үшін жылудан қорғайтын перделердің жобалық шешімі үшін негіз ретінде ең жақын аналогы алынды - жарықтан қорғайтын перделер, ол үшін перделердің терезе саңылауларының беткейлеріне тығыз орналасуын қамтамасыз ететін перделер таспаларына және пластик бағыттағыштарға жабыстырылған қалыңдығы 2 см қалың полистирол жолақтары түрінде құрылымды қайта қарау жүргізілді. Екі қабатты терезе үшін бұл жылу беру кедергісін 0,55-тен 0,9 ($\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)/Вт дейін арттыруға мүмкіндік берді.

Ғимараттың жылу шығынын, жылу өсімін және жылу қажеттілігін анықтау бойынша есептеулерді жүргізу кезінде аз қабатты ғимаратта табиғи ортаның шашыраңқы энергиясын (күн радиациясының және оны қоршаған жердің жылуы) және энергияны үнемдейтін шешімдерді пайдалану тиімділігін бағалайтын критерий ұсынылады.

Ғимараттардың жылу тиімділігін арттыру бойынша әзірленген шаралар жобалық құжаттаманы әзірлеуде, жаңа ғимараттар салуда, қолданыстағы тұрғын үй қорын қайта құру және пайдалану кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Гагарин, В.Г. Жилищный фонд и энергосбережение / В.Г. Гагарин // Строительные материалы. – 2016. – №3. – С.8-16
2. Иванов, Г.С. Энергосбережение при реставрации и капитальном ремонте зданий / Г.С. Иванов, Д.Ю. Хромец // Жилищное строительство. – 2012. – №1. – С. 7-9.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ СО
СЛОЖНЫМ ФАСАДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАРЕЗНЫХ КАССЕТ

В условиях стремительного развития архитектуры и строительных технологий возрастает потребность в создании не только функциональных, но и выразительных, эстетически значимых зданий. Особое внимание в последние годы уделяется фасадным системам, так как именно фасад формирует визуальный образ объекта, влияет на микроклимат внутренних помещений и способен выполнять сразу несколько технических, энергетических и художественных функций. Одним из наиболее перспективных решений для реализации сложных архитектурных фасадов являются нарезные кассеты — металлические панели с декоративной либо функциональной перфорацией. Использование таких элементов позволяет создавать фасады со сложной геометрией, управляемой светопропускаемостью и уникальной визуальной идентичностью. Настоящее исследование посвящено анализу и совершенствованию методов проектирования зданий со сложной геометрией фасада с применением нарезных кассет. Рассмотрены принципы проектирования, современные программные средства, конструктивные особенности, а также эстетические и функциональные аспекты таких фасадных решений.

Нарезные кассеты, как правило, изготавливаются из алюминия, оцинкованной стали или композитных материалов с применением технологии лазерной или ЧПУ-резки. Отверстия в таких кассетах могут иметь как регулярную, так и произвольную форму, что открывает широкие возможности для архитектурного моделирования. Помимо эстетической функции, нарезные кассеты обеспечивают тень и защиту от солнечного излучения, способствуют вентиляции фасадной системы и могут влиять на тепловой режим здания. Особенно актуально их применение в регионах с жарким климатом, где необходимо снизить тепловые нагрузки и при этом сохранить достаточную освещённость внутренних пространств.

Проектирование зданий со сложной фасадной геометрией требует от архитектора и инженера скоординированного подхода, использования современных цифровых инструментов и понимания особенностей конструктивного взаимодействия между фасадными панелями и несущей системой здания. Ключевым этапом в проектировании фасада с нарезными кассетами является создание точной геометрической модели, в которой учитываются как эстетические параметры (форма, ритм, масштаб), так и технические — ветровые и температурные нагрузки, характеристики материалов, допустимые прогибы и деформации, устойчивость и монтажная адаптация. Сложная геометрия фасада требует индивидуального подхода к

каждому кассетному элементу, что возможно только при использовании параметрического моделирования.

Цифровое проектирование позволяет не только создать трёхмерную модель фасада, но и интегрировать её в общую информационную модель здания (BIM). Программные решения, такие как Autodesk Revit, ArchiCAD, Rhino+Grasshopper, позволяют архитекторам и инженерам разрабатывать сложные поверхности, автоматически генерировать чертежи и спецификации, оптимизировать перфорационные узоры и учитывать все необходимые инженерные параметры. С помощью генеративного дизайна возможно на основе заданных условий (освещённость, температура, нагрузка) автоматически находить наилучшие варианты расположения перфораций, а также управлять вариативностью формы в зависимости от участка фасада.

Кассетные фасады обычно реализуются в виде вентилируемых навесных систем, где между стеной здания и внешними панелями предусмотрено воздушное пространство для отвода влаги и обеспечения теплового баланса. В конструктивном отношении фасад с нарезными кассетами состоит из нескольких ключевых элементов: это несущая подсистема (из алюминиевых либо стальных направляющих), кассетные панели с перфорацией, слой теплоизоляции, ветрозащитные и пароизоляционные плёнки, а также узлы креплений и компенсационные соединения. При проектировании важно учитывать технологические допуски на сборку, особенности температурных деформаций и возможности замены отдельных элементов в процессе эксплуатации. Современные подходы включают в себя широкое применение параметрического и генеративного дизайна, позволяющего быстро адаптировать форму кассет к изменяющимся условиям и требованиям.

Сложная геометрия фасада — будь то изогнутые поверхности, острые углы, ломаные формы или комбинации различных уровней — требует применения цифровых шаблонов и точной подгонки кассет на этапе изготовления. Часто используется лазерная или фрезерная резка с программным управлением, что позволяет добиться высокой точности перфорации и точного соответствия каждого элемента проектной модели. Это особенно важно в случае фасадов, реализуемых по индивидуальному проекту, где каждый кассетный модуль уникален и не повторяется по форме или узору.

Эстетика фасада с нарезными кассетами базируется на взаимодействии света и тени, ритмике отверстий, рефлексии поверхности и визуальной глубине. Такой фасад может менять внешний вид в зависимости от времени суток, угла зрения и погодных условий. Особенно выразительными становятся такие решения при архитектурной подсветке — перфорация усиливает световые эффекты, создавая игру света на поверхности фасада. При этом перфорация может выполнять не только

декоративную функцию, но и передавать определённую символику, логотипы, тексты, абстрактные изображения, что делает здание узнаваемым и уникальным в городской среде. Фасады с нарезными кассетами активно применяются в административных зданиях, бизнес-центрах, торговых и культурных сооружениях, жилых домах класса «премиум».

Функциональные преимущества фасадов с нарезными кассетами проявляются также в снижении солнечного перегрева, защите от осадков и уличного шума, повышении энергоэффективности здания. Такие системы способствуют улучшению естественной вентиляции, обеспечивают мягкое рассеянное освещение и могут интегрироваться с другими инженерными решениями, такими как «умные» фасады, фотоэлектрические панели и автоматические системы управления микроклиматом.

Особое внимание уделяется соединению панелей между собой, допускам при сборке, компенсационным швам, а также обеспечению доступа для обслуживания фасада. При сложной геометрии (искривленные или ломаные поверхности) панели изготавливаются по индивидуальным шаблонам с ЧПУ-резкой.

Исследование и совершенствование методов проектирования зданий со сложными фасадами с применением нарезных кассет остаётся актуальным направлением в архитектуре. Перспективными направлениями развития являются интеграция искусственного интеллекта в процесс моделирования, автоматизация расчётов на основе климатических данных, разработка новых фасадных материалов с повышенными прочностными и экологическими характеристиками, а также применение адаптивных и интерактивных фасадных систем. Важным вектором является и устойчивое строительство — возможность повторного использования металлов, снижение отходов производства, снижение энергозатрат на монтаж и эксплуатацию фасада.

Таким образом, фасады с нарезными кассетами представляют собой высокотехнологичное, визуально выразительное и функциональное решение, открывающее новые горизонты в проектировании архитектурных оболочек зданий. Их применение требует междисциплинарного подхода, совмещения инженерной точности, архитектурной креативности и цифровых инструментов нового поколения. Совершенствование проектных методов и материалов в этом направлении позволит создавать устойчивую, эстетичную и интеллектуальную архитектуру будущего.

Список использованной литературы:

1. Быков, А. В. Современные фасадные системы зданий. М. Архитектура-С 2020. 248
2. Новиков, С. В. Архитектура фасадов: теория и практика проектирования. — СПб.: Питер, 2019. — 312 с.

ФОСФОР ШЛАГЫН ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ НЕГІЗІНДЕ АУЫР БЕТОННЫҢ БЕРІКТІГІН АРТТЫРУ ЖӨНІНДЕГІ ЗЕРТТЕУ

Құрылыс өнеркәсіптің техногендік қалдықтары құрылыс саласында кеңінен қолдануға мүмкіндік беретін айтарлықтай әлеуетке ие. Осындай қосалқы өнімдердің бірі — сары фосфор өндірісінің қалдығы болып табылатын фосфор шлагы. Оның құрамында гидравликалық және пуццоландық қасиеттерге ие белсенді химиялық компоненттер бар. Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мен экологиялық қауіпсіздік талаптарының артуы жағдайында фосфор шлагын ауыр бетон құрамына қосу арқылы оның тиімділігін зерттеу өзекті болып отыр. Бұл зерттеудің мақсаты — фосфор шлагының ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттері мен ұзақ мерзімділігіне әсерін анықтау және оның қолданылуының экономикалық әрі экологиялық тұрғыдан негізділігін дәлелдеу.

Фосфор шлагының негізгі қасиеттері — ұсақ дисперсті құрылым, кремний және кальций негізіндегі белсенді қосылыстардың болуы. Оның құрамында шамамен 40–50 % кальций оксиді, 30 % кремний диоксиді, сондай-ақ алюминий, магний және фтордың аз мөлшері кездеседі. Шлактің белсенділігі оның ұнтақталу дәрежесіне және аморфты фазалар мөлшеріне байланысты. Цементпен немесе клинкермен бірге ұнтақталған жағдайда фосфор шлагы гидратациялық реакцияларға қатыса отырып, беріктікті қамтамасыз ететін кальций-силикат гидраттарын түзеді. Осылайша, цементтің бір бөлігін фосфор шлагымен ауыстыру цемент мөлшерін азайту арқылы бетонның кейбір қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында цементтің 10 %, 20 %, 30 %, 40 % және 50 % мөлшерін фосфор шлагымен алмастыру арқылы бірнеше ауыр бетон құрамы дайындалды. Бақылау үлгісі ретінде қоспасыз дәстүрлі бетон алынды. Барлық құрамдарда поликарбоксилат негізіндегі суперпластификатор қолданылып, қажетті қоспаның қозғалыстығы қамтамасыз етілді және су-цемент қатынасы арттырылған жоқ. Үлгілер 150×150×150 мм өлшеміндегі кубтар түрінде дайындалып, 20±2 °С температурада және салыстырмалы ылғалдылығы кемінде 90 % болатын жағдайда қатайтылды.

Фосфор шлагын қолданудың тиімділігін бағалау критерийлері ретінде бетонның қысымға беріктігі, су өткізбейтіндігі, аязға төзімділігі және агрессивті ортаға тұрақтылығы қарастырылды. Сынақтар қолданыстағы стандарттарға (мысалы, МЕМСТ 10180, МЕМСТ 10060, МЕМСТ 12730) сәйкес жүргізілді. Қысымға беріктік 7, 28 және 90 тәулік ішінде анықталды. Нәтижелер көрсеткендей, цементтің 10–20 % мөлшерін

шлакпен алмастырғанда бетонның беріктігі бақылау үлгісінен кем болмады, ал 10 % алмастыру кезінде 4–6 % жоғары болды. Бұл шлактің гидратация процестеріне белсенді қатысуымен және қосымша беріктік құрылымдарының түзілуімен түсіндіріледі.

Шлак мөлшері 30–50 % болғанда беріктік көрсеткіштері біртіндеп төмендеді, алайда 90 тәулік өткен соң бұл үлгілердің беріктігі бақылау құрамының 90–95 % деңгейіне жетті. Бұл фосфор шлагының баяу, бірақ тұрақты гидратациясын көрсетеді. Мұндай қасиет бетонның ұзақ мерзімді қолданысына арналған құрылымдар үшін маңызды.

Су өткізбейтіндікке келетін болсақ, фосфор шлагының 10–20 % көлемінде қосылуы бетонның суға төзімділік маркасын бір деңгейге арттырды (мысалы, W6-дан W8-ге дейін). Бұл цемент тас құрылымының тығыздалуымен және капиллярлы қуыстардың азаюымен байланысты. Электронды микроскопиялық зерттеу нәтижелері бетон құрылымындағы гидратталған фазалардың тығыз орналасуын көрсетті. Бұл суперпластификатормен бірге су-цемент қатынасын төмендетуге мүмкіндік берді.

Аязға төзімділік арнайы әдістеме бойынша — суда қатырылып-еріту циклімен бағаланды. Үлгілер 300 циклге дейін сынақтан өткізілді, массаның жоғалуы мен беріктіктің төмендеуі есепке алынды. Фосфор шлагының 10–20 % қосылған үлгілері F200–F300 аязға төзімділік класына сәйкес келді, бұл оларды сыртқы ауа райы жағдайына төзімді конструкцияларда қолдануға мүмкіндік береді. Мұндай жоғары көрсеткіш бетонның микрокеукті құрылымының тығыздығына байланысты.

Агрессивті орталардағы тұрақтылықты анықтау мақсатында үлгілер 5 % күкірт қышқылы ерітіндісінде, магний сульфаты ерітіндісінде және сілтілі ортада 30 тәулік бойы ұсталды. Нәтижесінде, фосфор шлагы қосылған бетон үлгілері бастапқы беріктігінің 85–90 % сақтап қалды, ал бақылау үлгілерінде бұл көрсеткіш 70–75 % болды. Бұл шлақты қолдану арқылы бетонның құрылымы химиялық тұрақты, тығыз болатынын және қышқыл-сульфат коррозиясына төзімді болатынын дәлелдейді. Шлактағы кремний мен алюмосиликатты қосылыстар еркін кальций гидроксидімен байланысып, деструктивті реакциялардың алдын алады.

Экономикалық тиімділік те зерттеудің маңызды бағыты болды. Цементтің 20 %-ын фосфор шлагымен алмастыру бетонның 1 м³ өзіндік құнын 8–12 % төмендетті. Бұл бетонның сапалық көрсеткіштері төмендемей орын алды. Сонымен қатар, цементтің азаюы көмірқышқыл газының шығарылымын азайтады, бұл бетон өндірісінің экологиялық тұрақтылығын арттырады. Осылайша, фосфор шлагын қолдану конструкциялардың ұзақмерзімділігін арттырумен қатар, техногендік қалдықтарды тиімді пайдалануға және құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Бетон технологиясы тұрғысынан фосфор шлағын қолдану үшін бірнеше шарттарды сақтау қажет: шлақтың біркелкі бөлінуін қамтамасыз ету, ұнтақталу дәрежесін бақылау, ылғалдылықты ескеру және виброқысу режимін реттеу. Сонымен қатар, құрамындағы қалдық фосфор немесе фторидтердің санитарлық-гигиеналық шектерден аспауы қажет. Жүргізілген химиялық талдаулар шлақтың қауіпсіздігін растады.

Нормативтік тұрғыдан алғанда, фосфор шлағын бетон құрамында пайдалану қолданыстағы стандарттарға өзгерістер енгізуді немесе жеке техникалық регламент негізінде қолдануды талап етеді. Бұл әдіс көпірлер, гидротехникалық құрылыстар, өндірістік объектілер сияқты химиялық әсерге ұшырайтын инфрақұрылым нысандарында қолдануға перспективалы.

Зерттеу нәтижелері бойынша фосфор шлағының ең тиімді мөлшері цемент массасының 10–20 % шегінде екені анықталды. Бұл жағдайда бетонның беріктігі, су өткізбейтіндігі, аязға төзімділігі және химиялық төзімділігі жоғары болып, экономикалық тұрғыдан тиімді нәтиже береді. Ал 30–50 % мөлшерінде қолдану ұзақ қату мерзімін қажет етеді, және мұндай қоспалар үшін қосымша активаторлар немесе термоөңдеу қажет болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, фосфор шлағы ауыр бетон құрамына қосымша минеральды қоспа ретінде тиімді. Ол цементтің белгілі бір бөлігін алмастыру арқылы бетонның негізгі сипаттамаларын төмендетпей, кейбір көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. Фосфор шлағының үлкен көлемде өндірілетінін және оның төмен құнын ескере отырып, бұл материалды бетон өндірісіне енгізу ресурстық тиімділікті және экологиялық тұрақтылықты арттыратын заманауи шешім болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1. МЕМСТ 8267-93. Құрылыс жұмыстарына арналған қатты жыныстардан жасалған қиыршық тас.*
- 2. Волков В.Г., Елиин И.М., Харин А.И., Кристалеv М.Н. Ауыр бетонға арналған табиғи құмдарды байыту және фракциялау.*
- 3. МЕМСТ 8269-0-97. Құрылыс жұмыстарына арналған тығыз тау жыныстары мен өнеркәсіптік өндіріс қалдықтарынан қиыршық тас. Физика-механикалық сынау әдістері.*

ДӘСТҮРЛЕР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ТОҒЫСЫНДАҒЫ БИОАРХИТЕКТУРА: ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТҰРАҚТЫ ЖОБАЛАУЫНДАҒЫ КИІЗ ҮЙЛЕРДІҢ ӘЛЕУЕТІ

XXI ғасырда сәулет тұрақтылық, экологиялық таза және энергия тиімділігі принциптеріне көбірек бет бұруда. Алайда, «Жасыл дизайнның» батыстық модельдері басым болған кезде, жергілікті архитектуралық дәстүрлерді жоғалту қаупі бар, олардың көпшілігі бастапқыда қазіргі экологиялық стандарттарға жақын сипаттамаларға ие болды. Осындай мысалдардың бірі - қазақ киіз үйі ғасырлар бойы сыналған көшпелі тұрғын үй. Соңғы он жылдықтарда биоархитектура тұрақты дизайнның басым бағыты ретінде қалыптасты. Бұл архитектуралық эстетиканың, экологиялық жауапкершіліктің және табиғи ортамен өзара әрекеттесуге ғылыми көзқарастың синтезі. Ресурстарды пайдалануға бағытталған дәстүрлі құрылыстан айырмашылығы, биоархитектура табиғи процестерге минималды араласуға және адам мен оның айналасындағы әлем арасындағы тепе-теңдікті қалпына келтіруге тырысады. Биоархитектураның негізгі принциптері: Табиғи және жаңартылатын материалдарды пайдалану, энергия тиімділігі және көміртегі ізін азайту және т.б. болып келеді [1].

Климаттың өзгеруіне, ресурстардың сарқылуына және табиғи ортаның деградациясына байланысты сәулет саласындағы заманауи сын-қатерлер құрылыстың жергілікті, тұрақты түрлеріне деген қызығушылықтың жандануына ықпал етеді. Биоархитектура бағыт ретінде архитектуралық шешімдерді табиғи циклдармен біріктіруге, көміртегі ізін азайтуға және экологиялық таза материалдарды пайдалануға бағытталған. Бұл тұрғыда киіз үй, Орталық Азия халықтарының дәстүрлі көшпелі тұрғын үйі табиғи тұрақтылық пен экологиялық парасаттылықтың өзекті үлгісіне айналуға олардың бірі қазіргі кезде эко-глэмпингтарда (1-сурет, а) қолданады [2].

Шанхайдағы EXPO-2010 (1-сурет, б) дүниежүзілік көрмесіндегі Қазақстан павильоны қазіргі заманғы сәулет өнеріндегі киіз үйді қайта ойластырудың көрнекті үлгісі болды. Оның тұжырымдамасы дәстүрлі қазақ киіз үйінің бейнесіне — қонақжайлылықтың, табиғатпен бірліктің және көшпелі философияның символына негізделген. Сәулетшілер киіз үйге тән дөңгелек пішін мен Орталық күмбезді заманауи шыны-металл ғимаратқа біріктірді. Бұл ретте павильон энергия үнемдейтін технологиялармен жарактандырылды, ал оның интерьері Қазақстанның тұрақты дамуын көрсететін интерактивті инсталляцияларды қамтыды. Осылайша, киіз үй тек мәдени символ ретінде ғана емес, сонымен қатар планетаның болашағы

туралы жаһандық диалог контекстінде тұрақты архитектураның функционалды бейнесі ретінде де пайда болды [3].



а)

б)

1-сурет – Киіз үйдің ХХІ ғ. Биоархитектуралық пішіні.

а - Эко-глэмпинг (Алматы, Қазақстан),

б - Павильон Казахстана на EXPO-2010 (Шанхае, Китай.)

Климаттың өзгеруіне, ресурстардың сарқылуына және табиғи ортаның деградациясына байланысты сәулет саласындағы заманауи сын-қатерлер құрылыстың жергілікті, тұрақты түрлеріне деген қызығушылықтың жандануына ықпал етеді. Биоархитектура бағыт ретінде архитектуралық шешімдерді табиғи циклдармен біріктіруге, көміртегі ізін азайтуға және экологиялық таза материалдарды пайдалануға бағытталған. Бұл тұрғыда киіз үй, Орталық Азия халықтарының дәстүрлі көшпелі тұрғын үйі табиғи тұрақтылық пен экологиялық парасаттылықтың өзекті үлгісіне айналуға [4].

Қазақ киіз үйі-оңай айырбасталатын, энергия тиімді және ресурс үнемдейтін тұрғын үй. Ол табиғи материалдардан жасалған: ағаш, қой жүнінен жасалған киіз, мата және былғары. Бұл материалдар тамаша терморегуляциялық қасиеттерге ие және оларды экологияға зиян келтірместен қайта өңдеуге немесе биосфераға қайтаруға болады. Күмбез пішіні жылу шығынын азайтады және ауаның біркелкі айналымын қамтамасыз етеді, ал орталық тесік — шаңырақ механикалық құрылғыларсыз жарықтандыру мен желдетуді реттейді.

Киіз үйдің ұтқырлығы-оның тағы бір экологиялық артықшылығы. Тұрғын үй күрделі іргетасты қажет етпейді, топырақ пен биоценозды бұзбайды. Ол оңай бөлшектеледі және тасымалданады, бұл көшпелілерге қоршаған ортаның тұрақтылығын бұзбай табиғаттың маусымдық циклдерін ұстануға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл бүгінгі күні «нөлдік әсер ету» (zero-impact architecture) заманауи тұжырымдамасына сәйкес келеді.

Киіз үйдің кеңістіктік және мәдени бейімделуі маңызды экологиялық аспект болып табылады. Ол күнді, желді және ландшафтты ескере отырып жасалған, оның ішкі ұйымы ұрпақтан-ұрпаққа берілетін білімге негізделген. Бұл білім заманауи технологиялармен (мысалы, күн панельдері,

биологиялық ыдырайтын жабындар, жаңбыр суын жинау) ұштастыра отырып, Қазақстанда, әсіресе ауылдық және таулы өңірлерде экологиялық бағдарланған сәулет үшін жаңа перспективалар ашады. 1 кестеге қарасақ экологиялық үй мен киіз үйді салыстырмалы түрде қарасақ кемшіліктері мен артышылықтарын көруге болады [5].

Киіз үй көшпелі мәдениеттің символы ғана емес, сонымен қатар ХХІ ғасырдағы тұрақты, экологиялық таза тұрғын үйдің әлеуетті архетиптік моделі болып табылады. Ол жергілікті дәстүрлерге оралу — бұл артқа қадам емес, болашақтың тұрақты архитектурасына апаратын жол екенін дәлелдейді.

Кесте 1. Салыстырмалы кесте: киіз үй және заманауи экологиялық үй

Критериялар	Қазақ киіз үйі	Экологиялық үй
Материалдар	Табиғи (киіз, ағаш, былғары)	Экологиялық таза, бірақ өнеркәсіптік (CLT, оқшаулау)
Құрастыру / жұмылдыру	Жылдам, арнайы техникасыз мүмкін	Стационарлық, іргетасты қажет етеді
Климаттық бейімделу	Жылу мен суыққа бейімделген	Инженерлік жүйелерді қолданады
Қуатты тұтыну	Минималды	Энергия тиімді, технологияға байланысты
Пішін	Күмбез, жылу шығынын азайтады	Көбінесе әйнекпен тұзу сызықты
Мәдени маңыздылығы	Сәйкестілік, табиғи тепе-теңдік символы	Көбінесе контекстен ажыратылған

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. Бондаренко, Г. Н. Биоархитектура: философия, экология, технология / Г. Н. Бондаренко. — М.: Архитектура-С, 2013. — 240 с.
2. Баймуханова, Г. А. Традиционное жилище казахов и принципы экосбережения // Вестник КазГАСА. — 2020. — №3 (59). — С. 34–41.
3. Архитектура павильона Казахстана на ЭКСПО-2010 в Шанхае // Архитектурный журнал. — 2010. — №5. — С. 12–18.
4. Нарбекова, А. Т. Экологическая архитектура и устойчивое развитие: учебное пособие / А. Т. Нарбекова. — Алматы: КазГАСА, 2021. — 148 с.
5. Ken, T. Nomadic Architecture of Central Asia: Cultural Patterns and Ecological Logic // Journal of Vernacular Architecture. — 2018. — Vol. 45, No. 2. — P. 88–97.

СЕРПІМДІ НЕГІЗДЕГІ АРҚАЛЫҚТЫ КЕРНЕУЛІ- ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН ЕСЕПТЕУДІҢ ТӘСІЛДЕРІНЕ ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ

Серпімді негізмен әрекеттесетін құрылымдық элементтердің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу құрылыс механикасының өзекті мәселе болып табылады. Серпімді негіздегі арқалықтар құрылыста, көлік инфрақұрылымында, машина жасауда және құрылымның жұмысына негіздің әсерін ескеру қажет басқа салаларда кеңінен қолданылады. Ішкі және қалыпты, жанама кернеулерді дұрыс анықтау элементтердің беріктігі мен эксплуатационды мінездемелерін дәл болжауға, сондай-ақ жобаланған жүйелердің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл мәселенің теориялық негіздемесі Винклердің еңбектерінде, сондай-ақ серпімді негіздің сызықтық модельдері мен жеңілдетілген жүктеме схемалары қарастырылған инглис, Болотин, Тимошенко және Муравскийдің еңбектерінде қаланды [1].

Жүктеме мен отыру (шөгу) арасындағы сызықтық байланысты қарастыратын Винклердің классикалық моделі инженерлік тәжірибеде кеңінен қолданылады, дегенмен көптеген зерттеулерде негіз біртекті болып саналады. Леонтьев, Власов және басқалардың жұмыстары құрылымның ұзындығы бойындағы төсеме коэффициентінің өзгергіштігін ескеретін жетілдірілген тәсілдерді қарастырады, бұл негіздің нақты жағдайларын дәлірек сипаттауға мүмкіндік береді [2].

Ғылыми ой біртіндеп күрделі модельдерге көшті: айнымалы қаттылық сипаттамалары бар арқалықтар, негіздің диссипативті қасиеттерін ескере отырып және стационарлық емес немесе қозғалмалы жүктемелердің әсерін ескеретін есептеулердің пайда болуы. [3] жұмыста ұсынылған түйінді үдеу әдісі айнымалы параметрлері бар серпімді негізде жатқан арқалықтардың кернеулі-деформацияланған күйін сандық модельдеудің ең тиімді әдістерінің бірі болып саналады. Бұл әдіс есептеулердің жоғары дәлдігін есептеу ресурстарын үнемді пайдаланумен біріктіруге мүмкіндік берді. Серпімді негіздегі арқалықтардың кернеулі-деформацияланған күйін зерттеудің қазіргі кезеңі жеңілдетілген сұлбалардан сандық-аналитикалық модельдерге көшумен сипатталады, бұл көлік және құрылыс инфрақұрылымындағы қолданбалы мәселелерді тиімді шешуге мүмкіндік береді.

Инженерлік тәжірибеде аралық шарнирлері бар құрама арқалықтар жиі кездеседі, олардың икемділігі құрылымның кернеулі-деформацияланған күйіне айтарлықтай әсер етеді. Есептеулердегі серпімді

аралық шарнирін есепке алу мәселесі ұзақ уақыт бойы қаттылық пен шоғырланудың өзгермелі жағдайлары бар құрылымдарды жобалау үшін өзектілігіне қарамастан аз зерттелген. Кейбір еңбектерде дифференциалдық теңдеуге шарнир икемділігіне байланысты түзету, арқалық иілуін қосуға негізделген жетілдірілген математикалық модель ұсынылған. Жаңа ізденіс жұмыстарында арқалықтың әртүрлі учаскелерінің шекарасындағы бұрыштық орын ауыстыруларды сипаттау үшін δ -функция әдісін және Хевисайд функциясын қолданады, бұл есептік модельде локалдық әсерлерді ескеруге мүмкіндік береді. Байланыс қабаты әдісі көпқабатты арқалықтардағы қабаттар арасындағы адгезиялық өзара әрекеттесулерді есепке алудың тиімді тәсілі ретінде қарастырылады және ол байланыс қабатын бір-бірімен байланыспаған қысқа серпімді өзектерден тұратын трансверсалды-анизотропты орта ретінде сипаттауға негізделген. Мұндай тәсіл классикалық модельдерде жиі кездесетін қабаттар шекарасындағы шексіз үлкен жанама кернеулер тәрізді физикалық мағынасы жоқ қателіктерден аулақ болуға мүмкіндік береді. Жетілдірілген әдістеме соңғы элементтер әдісі мен байланыс қабаты әдісінің үйлесімі негізінде құрылған және MATLAB бағдарламалық ортасында көлденең ығысу деформацияларын және қабаттардың әртүрлі бекітілу шарттарын ескере отырып, көпқабатты арқалықты модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл модельдеудің дәлдігін арттыруға және байланыс қаттылығы мен ығысу деформацияларының конструкцияның кернеулі-деформацияланған күйіне әсерін анықтауға мүмкіндік берді [4]. Бұл зерттеу классикалық есептеу әдістерін одан әрі дамытуды жалғастырып, төсеніш коэффициентінің балка ортасына қатысты симметриялы түрде өзгеруінің квадраттық заңы арқылы негіздің біртекті еместігін модельдейді. Аналитикалық шешімдер Ритц–Тимошенко вариациялық әдісіне негізделген, бұл арқалықтың симметриялы қолданылған әртүрлі жүктемелерге жауап беруін жоғары дәлдікпен сипаттауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер негіздің біртекті еместігінің әсері балкаарқалық ұзындығына айтарлықтай тәуелді екенін көрсетеді. Осылайша, құрылымдарды есептеуде негіздің біртекті еместігін ескеру, әсіресе ұзын аралықтар мен топырақтың біркелкі емес жағдайларында беріктік пен қатаңдықты дәлірек болжауға мүмкіндік береді. Мұндай зерттеулер жобалау алдындағы талдау кезеңінде инженерлік модельдерді жетілдіруге елеулі үлес қосады.

Екі параметрлі серпімді негіздегі арқалықты есептеуге арналған соңғы элементтің жеңілдетілген моделіне жаңа зерттеулер жүргізілген. Жаңа зерттеулер бойынша бұл модель негіздің параметрлерін (қаттылық пен ығысуға қарсы тұру қабілетін) ескереді, қаттылық матрицасын және реактивті күштер матрицасын құрастырады, сондай-ақ әртүрлі шекаралық шарттар үшін сандық есептеулерді көрсетеді. Алынған нәтижелер Винклер мен Власовтың танымал модельдерімен жақсы сәйкестікті көрсетеді, бұл

ұсынылған әдістің инженерлік тәжірибеде қолдануға жарамды екенін дәлелдейді.

Қазіргі заманғы зерттеулер тек қана тік бағыттағы емес, сонымен қатар жанама кернеулерді, сондай-ақ көпқабатты арқалық құрылымындағы қабаттардың әртүрлі қаттылығын ескеретін әмбебап модельдерді жасауға бағытталуда. Мұндай тәсілдер әртүрлі материалдар күрделі жүктемелер әсерінен бірлесіп жұмыс істейтін композиттік құрылымдарды модельдеу үшін аса маңызды. Соңғы жылдардағы еңбектерде соңғы элементтер әдісін қоса алғанда, сандық әдістерді кеңінен қолдану үрдісі байқалады, бұл күрделі геометрияны, әртүрлі шекаралық шарттарды және сызықсыз әсерлерді – соның ішінде пластикалықты, жарықшақтану мен материалдардың суалып деформациялануын – есепке алуға мүмкіндік береді.

Геометриялық және физикалық сызықсыздықты ескеретін модельдер нақты пайдалану жағдайларындағы кернеулерді талдау мен есептеу барысында аса маңызды болып табылады. Сандық әдістер – соңғы элементтер, шекаралық элементтер және вариациялық әдістер – конструкциялардың деформацияланатын негіздермен әрекеттесу жағдайындағы мінездемелерін дәлірек бейнелеуге мүмкіндік береді. Осы бағыттағы әдебиеттерді талдау көрсеткендей, серпімді негізде жұмыс істейтін құрылымдардың кернеулі-деформацияланған күйін сипаттайтын модельдердің дәлдігі мен қолданбалы маңызын арттыруға ұмтылыс үздіксіз жүріп жатыр. Ерекше қызығушылық туғызатын тәсілдер – алынған нәтижелерге аналитикалық түсініктеме бере отырып, есептік тиімділікті сақтайтын және тәжірибелік тексеруге жарамды модельдер. Бұл өз кезегінде құрылыс, машина жасау және өзге де іргелес салаларда тәжірибелік қолдану құндылығын арттырады [5].

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Fourier series method for the stability solution of simply supported thin beams on two-parameter elastic foundations of the Pasternak, Filonenko-Borodich, Hetenyi or Vlasov models. *Journal of Engineering and Thermal Sciences*, 4(1), 30-45. <https://doi.org/10.21595/jets.2024.23913>.
2. Ratazzi, A. R., Bambill, D. V., & Rossit, C. A. (2013). Free Vibrations of Beam System Structures with Elastic Boundary Conditions and an Internal Elastic Hinge. January 2013. *Chinese Journal of Engineering* 2013(3):1-10. DOI: [10.1155/2013/624658](https://doi.org/10.1155/2013/624658)
3. Шаповалов С.Н. Действие подвижной нагрузки на балку, лежащую на упругом основании с переменными параметрами: Автореф. дис. канд. техн. наук. -М., 2004. -24 с.
4. Chepurnenko A.S., Turina V.S. Application of the finite element method in combination with the contact layer method to determine the stress-strain state of multilayer beams // *PNRPU Mechanics Bulletin*. - 2023. - №4. - С. 130-139. doi: [10.15593/perm.mech/2023.4.13](https://doi.org/10.15593/perm.mech/2023.4.13)
5. TAO Qing-lin, ZHANG Yi, GUAN Yong-ying, NIU Ben. Stress-strain relationship analysis of pvc-frp confined steel reinforced concrete columns under axial compressive. *Engineering Mechanics*. DOI: 10.6052/j.issn.1000-4750.2024.07.0543.

ТҰРҒЫН ҮЙЛЕРДІ ТҰРҒЫЗУ КЕЗЕҢДЕРІНДЕГІ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕГІШ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Қазіргі заманда құрылыс саласы жаңа экологиялық және технологиялық талаптарға сәйкестендіре жұмыс атқаруға бейімделу керек. Энергия үнемдеуші технологияларды тұрғын үй құрылысына енгізу – бұл заманауи үдерістің ажырамас бөлігі ғана емес, сонымен қатар климаттың өзгеруіне, ресурстар тапшылығына және энергия құнының өсуіне берілетін тиімді жауаптың негізі болып табылады [1-2]. Энергияны тиімді пайдалану арқылы тек шығындарды қысқарту ғана емес, сонымен қатар ғимараттың ұзақ мерзімділігі мен тұрғындардың өмір сүру сапалық қолайлығы да артады. Сонымен қатар, бұл шаралар қала экологиясын жақсартуға және ауаға тарайтын көміртек көлемін азайтуға ықпал етеді.

Энергия үнемдеуші технологиялар шартты түрде үш топқа бөлінеді: пассивті (жылуоқшаулау, қасбеттер мен терезелердің тығыздығы, оңтайлы жобалау шешімдері), белсенді (жылу сорғылары, рекуперация жүйелері, күн панельдері), және автоматтандырылған (ақылды басқару жүйелері, температура мен жарықты бақылау құрылғылары). Бұл шешімдер – үйді жылыту, желдету, жарықтандыру сияқты негізгі ресурстарды басқаруға мүмкіндік береді. Қазақстан үшін, әсіресе климаттық тұрғыдан ауа райы қаталдау Қарағанды қаласы жағдайында, мұндай технологиялардың қолданылуы ерекше өзектілік мәнге ие [1-3].

Қарағанды қаласында белсенді жұмыс істейтін бірнеше құрылыс компаниясының қызметіне жан-жақты талдау жүргізілді. Бұл талдау олардың энергия тиімділік мәселесіне деген көзқарасы, қолданып жатқан нақты технологиялар мен стратегиялық бағыттары арасында белгілі бір айырмашылықтар бар екенін айқын көрсетті. Жиналған мәліметтер негізінде компаниялардың инновацияға қаншалықты бейім екені және олардың қандай тұтынушы сегментіне бағытталғаны анықталды [5].

Мәселен, BuildInvest компаниясы жоғары технологиялық құрылыс шешімдерін белсенді түрде енгізіп, заманауи «ақылды үй» жүйелерін пайдаланып жүрген жетекші компаниялардың бірі болып саналады. Бұл компания, жаңа тұрғын үйлерде цифрлық басқару жүйелерін, күн батареяларын, автономды жылыту модульдерін, сондай-ақ ғимарат ішіндегі микро климатты автоматты түрде реттейтін құрылғыларды орнатап жүр. Мұндай тәсіл жылу және электр энергиясын тұтынуды нақты уақыт режимінде бақылауға және оңтайландыруға мүмкіндік береді. BuildInvest жобалары, әдетте, премиум және жоғары орташа бағалық сегментке бағытталған, бұл олардың клиенттеріне жайлылық пен қатар ұзақ мерзімді үнемдеуді де ұсынады [5].

Ал нарықтың орташа сегментінде жұмыс істейтін Comfortnyi Gorod және Optimal Build Company компаниялары энергия тиімділігіне бағытталған базалық шешімдермен шектелуде. Олар көбінесе қасбетті оқшаулау, терезелерді энергия үнемдейтін үлгілерге ауыстыру және кіреберістерге жарық диодты шамдар орнату сынды стандартты шараларды жүзеге асырады. Бұл шешімдер құрылыс құнын айтарлықтай көтермей-ақ, негізгі энергия шығынын азайтуға бағытталған. Алайда, оларда автоматтандырылған климаттық жүйелер немесе жаңартылатын энергия көздерін интеграциялау деңгейі әлі төмен күйде қалып отыр.

Аталған компаниялар арасындағы айырмашылықтар тек технологиялық даму деңгейін ғана емес, сонымен қатар оларды инвестициялық саясаты мен мақсатты аудиториясын да сипаттайды. Жоғары технологиялы шешімдер көбінесе бастапқыда қымбатырақ болғанымен, ұзақ мерзімді перспективада тұтынушыларға айтарлықтай қаржылық пайда және тұрақты өмір сапасын қамтамасыз етеді. Бұл өз кезегінде, тұрғындар арасында технологияға деген сенімділік пен сұраныстың артуына себеп болады [2-4].

Жалпы алғанда, талдау нәтижелер Қарағанды қаласының құрылыс нарығында энергия тиімділігіне деген көзқарас әлі де әркелкі екенін көрсетеді. Бұл жағдай, отандық құрылыс саласында технологиялық трансформацияның біркелкі емес жүріп жатқанын, сондай-ақ мемлекеттік деңгейде қолдау мен нақты стандарттардың ұсыну қажеттілігін көрсетеді.

Зерттеу шеңберінде компания өкілдерімен сұхбат алынды. Энергия тиімділігін арттыру мақсатында жаңғыртылған бір көпқабатты үй мысалында жасалған экономикалық есептеу көрсеткендей, жылу бойынша шығын 27%-ға, ал электр қуаты бойынша 18%-ға дейін азайған. Мұндай көрсеткіштер энергия үнемдеуші технологиялардың нақты тиімділігін қолданыста дәлелдейді.

Сонымен қатар, зерттеудің маңызды бөлігі ретінде Қарағанды қаласындағы модернизациядан өткен бесқабатты тұрғын үй мысалы таңдалып алынды. Бұл үйде үш негізгі технология қолданылды: сыртқы қасбетті толық оқшаулау, барлық терезелерді энергия үнемдейтін үлгілерге ауыстыру және жылу жүйесін автоматтандырылған басқару пункті арқылы қайта жабдықтау. Бұған қоса, кіреберістер мен жертөле бөліктерінде жарық диодты шамдар орнатылып, жалпы электр қуатын тұтыну да оңтайландырылды. Жүргізілген нақты экономикалық есептеу бұл шаралардың нәтижесінде жылу энергиясына жұмсалатын шығындар 27%-ға қысқарғанын көрсетті. Бұрынғы жылдармен салыстырғанда жылыту маусымындағы коммуналдық төлемдер айтарлықтай төмендеген. Сонымен бірге, электр қуатына жұмсалатын шығын 18%-ға азайғаны да тіркелді, бұл әсіресе жарықтандыру жүйесінің жаңартылуымен тікелей байланысты. Бұл үнем көлемі бір жыл ішінде әр пәтер иесі үшін едәуір қаржылық үнемдеуді қамтамасыз еткен. Мұндай нақты көрсеткіштер энергия үнемдеуші

технологиялардың тек теория жүзінде ғана емес, тәжірибе жүзінде де жоғары тиімділікке ие екенін айқын дәлелдейді [3].

Сонымен қатар, бұл жағдай өзге де тұрғын үйлер мен тұрғын кешендерде мұндай жобаларды ауқымды түрде енгізу қажеттігін көрсетеді. Тиімді модернизация тұрғындардың өмір сапасын арттырып қана қоймай, қала бойынша жалпы энергия жүктемесін де төмендетуге ықпал етеді.

Қорыта айтқанда, тұрғын үйлерде энергия үнемдейтін технологияларды қолдану – бұл жай ғана үрдіс емес, бұл тұрғын үй сапасының жаңа стандарты. Қарағанды қаласының мысалында алынған нәтижелер бүкіл Қазақстан қалалары үшін үлгі бола алады.

Әдебиеттер тізімі:

1. Шевякова А., Петренко Ю., Көшебаева Г., Улыбышев Д. (2022). Қазақстандағы тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық саласының ерекшеліктер және энергия үнемдеу технологияларын енгізудің қиындықтары. *Energies*, 15(20), 7576.
2. Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы (OECD). (2020). Қазақстандағы тұрғын үйлерде таза энергия тұтыну: жол картасы. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/12/clean-household-energy-consumption-in-kazakhstan_c6a5e097/551f0613-en.pdf
3. Қазақстандағы Біріккен Ұлттар Ұйымының Даму Бағдарламасы (UNDP). (2024). Қазақстандағы көміртегі бейтараптылығына қол жеткізудегі құрылыс саласының энергия тиімділігі. <https://www.undp.org/kazakhstan/blog/building-greener-future-energy-efficiency-construction-important-step-towards-carbon-neutrality-kazakhstan>
4. Қазақстан Республикасының «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңы (2021). <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1200000541>
5. Қазақстандағы тұрғын үй ғимараттарының энергия тиімділігін арттыру мәселелері (2024). <https://cajscr.com/paper/enhancing-energy-efficiency-of-residential-apartment-buildings-against-current-thermal-energy-prices-in-kazakhstan>

КӨПҚАБАТТЫ КОМПОЗИТТИ ҚҰРЫЛЫМАРДЫҢ ЕСЕПТЕУ
ҮЛГІЛЕРІ

Композиттік материалдардан жасалған жұқа қабырғалы конструкциялар теориясы деформацияланатын қатты дененің қазіргі заманайу механикасының маңызды бөлімдерінің бірі болып табылады. Бірқатар [1,2] шолулардағы талдауларда, жұқа қабырғалы арматураланған элементтердің механикасы мәселелері бойынша, барлық зерттеулер үш негізгі бағытта жүргізілетіні көрсетілген.

Бірінші бағыт конструкциялардың жұқа қабырғалы элементтерінің математикалық үлгілерін таңдауына байланысты. Қабылданған математикалық модель, оның композиттік материалдың біртекті құрылымында, бекіту шеткі шарттарының адекватты шешім міндеттерді орындалу тұрғысы бойынша, белгілі бір ішкі күштердің кейбір факторларын есепке алу деңгейі бойынша классикалық теориямен салыстырылады. Екінші бағыт ұсынылған модельдерді негіздеумен, олардың бір-бірімен және кеңестік серпімділік теория арқылы есептеу мәселелерімен де байланыс орнату. Үшінші бағыт бойынша әртүрлі кластағы есептерді шешу әдістеріне талдау жүргізіліп, геометриялық және механикалық параметрлер мен жүктемелердің кернеу мен орын ауыстыру өрістеріне әсері зерттеледі; әртүрлі мақсаттарды орындауға арналған жұқа қабырғалы құрылымдық элементтерді жобалауда алынған есептеу нәтижелерін пайдалану нұсқалары ұсынылған.

Анизотроптық қабықтардың классикалық теориясының негіздері С. А. Амбарцумян монографияларында егжей-тегжейлі көрініс тапты, Я. М. Григоренко, В.И. Королев және С.Г. Лехницкий. Анизотроптық пластиналар мен қабықтардың классикалық теориясы бойынша толықтама зерделеу библиография Э.И. Григолюк пен Ф.А. Коганның шолуында келтірілген. Бұл теория «жұқа изотропты және әлсіз анизотропты қабықтар үшін қолдануға дұрыс болып табылады, оларда қабаттардың қаттылығы бір дәреже төңірегінде болғандағы тәртіпте (қабаттардың есептеу схемалары эквивалентті болғанда)».

Нақтыланған классикалық емес теорияның бірінші нұсқасы С.П. Тимошенкоға тиесілі]. Арқалықтың иілу тербелістері есептерін шешу кезінде ол көлденең жылжудың деформациясынан туындайтын көлденең қиманың қосымша бұрышын енгізеді. С.П. Тимошенко ұсынған модель біртекті және анизотроптық пластиналар мен қабықтар теориясында жетілдіре кеңінен қорытыла қолдана бастады.

Пластиналардың классикалық емес теориясын алғаш рет Э. Рейсснер құрған. Оны құру кезінде бастапқы гипотезалар ретінде негізгі есептік кернеу - кернеу тензорының тангенциалдық компоненттері алынған.

Қабықтар мен пластиналардың классикалық емес теориясы С.А. Амбарцумян, В. Васильев, Б.Ф. Власов, И.И.Ворович, Я. М. Григоренко, А. Т. Василенко, Э. И. Григолюка, И. Т. Селезов, А. Н. Гузя, И. Ю. Бабич, Я.М. Григоренко, Л.Г. Донелла, Х.М. Муштари, А. Г. Терегулова, П. М. Нагди, Б. Л. Пелеха, А.П. Прусакова, О.Ф. Рябов, А.Ш.Боженков және басқа да ғалымдар еңбектерінде дамыды. Пластиналар мен қабықтардың нақтыланған теорияларын құру кезінде серпімділік теориясының жалпыланған вариациялық принциптері негізге алынған әдістер ерекше тиімді болды.

Тимошенко мен Рейсснер үлгісіндегі пластиналардың үлгілерін талдау мен салыстыруға В.В. Васильев және В.Г.Пискунов, А.О. Рассказов, А.Ш.Боженков еңбектері арналған. Қабатты пластиналар мен қабықтардың теориясының үздіксіз-құрылымдық үлгілерінің қаралып отырған нұсқаларында біртекті конструкциялардың классикалық емес теорияларының сабақтастығы көрінеді.

Пластиналар мен қабықтардың классикалық емес теориялары соңғы уақытта белсенді дамып келеді.

Біртекті емес қабықтардың классикалық емес үлгілерінің жорамалдарын негіздеу, әдетте, екі түрлі тәсілмен жүзеге асырылады. Олардың негізінде алынған кернеулер мен орын ауыстырулардың мәндерін серпімділіктің үш өлшемді теориясы есептерінің жекелеген топтарының нақты немесе жеткілікті түрде дәл шешімдерінің деректерімен салыстыру болып табылады [4]. Анизотроптық денелер статикасының үш өлшемді есептерін шешудің аналитикалық әдістері бойынша соңғы шолу Ю.Н. Немиштің жұмысында ұсынылған. Екінші тәсіл үшін дәлелдеме, тиісті асимптотикалық әдістер негізесі арқылы жүргізілуі тән.

Анизотроптық жұқа қабырғалы конструкциялардың жоғарыда қаралған нұсқаларындағы серпімділік арақатынасы қалыңдығы бойынша механикалық параметрлердің біртекті еместігінің әсерін толық бағалауға мүмкіндік бермейтін интегралдық (келтірілген) қатаңдық сипаттамаларды қамтиды. Әдетте, жұқа көп қабатты пластиналар мен қабықтар теориясында, қабаттар арасында мінсіз ілінісуі бар болған жағдайда, нақтыланған екі өлшемді теорияларды [3] құру сатыларында, екі түрлі тәсіл қолданылады, олар қазір кезде жиі айтылатын- құрылымдық үздіксіз (феноменологиялық) және дискретті-құрылымдық тәсілдер.

Үш қабатты пластиналар мен қабықтарды есептеумен байланысты есептеудің топтарын жеке бөліп көрсеткен жөн [5]. Мұндай конструкцияларға екі көтергіш қабат және олардың бірлескен жұмысын қамтамасыз ететін толтырғыш кіреді. Үш қабатты конструкциялардың тендеулерін шығару үшін кинематикалық гипотезалар, әрбір жеке қабат

үшін қолданылады. Осыған байланысты мұндай теңдеулердің дәрежелері, қабаттар санымен анықталатын болады. Үш қабатты пластина және қабықшалардың орнықтылық және тербелістерінің кернеулі – деформациялық күйлерін Э.И.Григолюк, Ф.А.Коган, Л.М.Куршин, Л.Либреску, Т.Хаузе], А. Нұра еңбектеріндегі көптеген зерттеулер нәтижелері шолуларынан табуға болады..

Армирлеу арқылы, күшейтілген қабатты орталарға қатысты, қабаттардың еркін саны бар, көп қабатты пластиналардың теңдеулерін В. В. Болотин, жасады. Мұнда, көп қабатты пластиналар кезектесіп келетін қатты және жұмсақ қабаттар жүйесі ретінде ұсынылған. Жұмсақ қабаттар байланыстырғыштың қасиеттерімен анықталады және ол көлденең жанама кернеуді қабылдайды. Қатты қабаттар үшін тікелей нормаль гипотезасы қолдануы әділ Бұл тәсіл В.В. Болотин мен Ю.Н. Новичковтың монографиясында жетілдірілді.

Қорытынды Қабатты қабаттарды есептеу кезінде әртүрлі кемшіліктерді, яғни салмақ түсетін қабаттардың ортаңғы бетінің бастапқы майысуларын, желімсіздіктерді және т.б. ескеру қажет. Осыған байланысты бастапқы математикалық моделі әрбір жеке қабаттың жұмыс ерекшелігін ескеретін көп қабатты қабықтардың дискретті-құрылымдық теориясы неғұрлым артықшылықты болып табылады. Егер қабаттасу бөлігінде қабаттардың ажырасу байланысы ескерілсе, онда есептеудің қиындығы едәуір артады.

Жоғарыдағы баяндалғанды қорытындылай келе, келесіні атап өтейік. Қазіргі уақытта қабатты құрылымдағы композитті материалдардан қабықтардың беріктігін есептеу әдістерін жасауға арналған жұмыстардың едәуір саны орындалған, бірақ қолданыстағы әзірлемелердің ешқайсысында пакеттің қабатты құрылымын ескере отырып, материалдың серпімділік қасиеттерінің анизотропиясын, арматуралау схемасын, сипатты конструктивтік факторларын, бірлескен жұмыс ерекшеліктерін және қабаттардың жанау жағдайларын ескеретін көп қабатты композитті құрылымдарды есептеудің жеткілікті тиімді әмбәбап әзірleme әдісі жоқ екенін көреміз.

Әдебиеттер тізімі

1. Дудченко А. А. Анизотропные многослойные пластины и оболочки // Дудченко А. А., Лурье С. А., Образцов И. Ф. - М.: ВИНТИ. Итоги науки и техники. Сер. Механика твердого деформируемого тела. - 1983. - Вып. 15. С. 3-68.
2. Механика композитных материалов и элементов конструкций: в 3 т. // Под ред. А.Н. Гузя. - К.: Наук. думка, 1983. - Т.2. - 464 с
3. Пискунов В. Г. Развитие теории слоистых пластин и оболочек / В. Г. Пискунов, А. А. Рассказов // Прикл. механика. - 2002. - 38, № 2. С. 22-57
4. анизотропных пластин Григоренко Я. М. Задачи теории упругости неоднородных тел // Григоренко Я. М., Василенко А. Т., Панкратова Н. Д. - К.: Наук. думка, 1991. 216 с
5. Александров А. Я. Конструкции с заполнителем из пенопластов // Александров А. Я., Бородин И. Я., Павлов В. В. - М.: Машиностроение, 1972. 211 с

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Теплопроводность представляет собой физическую характеристику материала, определяющую его способность переносить тепловую энергию между контактирующими поверхностями. В контексте применения строительных изоляционных материалов данное свойство является критически важным, так как основная функция таких материалов заключается в снижении тепловых потерь здания, обеспечении оптимального микроклимата в помещениях и уменьшении затрат на энергоснабжение. Теплопроводность характеризуется коэффициентом λ , измеряемым в ваттах на метр-кельвин ($\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$). При этом, чем ниже значение λ , тем выше эффективность материала как теплоизолятора.

На теплопроводность изоляционных материалов влияет комплекс параметров, среди которых значимыми являются плотность, пористость, содержание влаги, температурный режим и химический состав материала. Влияние каждого из этих факторов на способность материала проводить тепло обусловлено их специфическим физическим действием, что требует комплексного подхода при выборе теплоизоляционных средств. В данной статье будет произведён детальный анализ влияния указанных факторов на теплопроводность, а также разработаны рекомендации по оптимальному подбору изоляционных материалов для различных эксплуатационных условий.

1. Плотность материала

Плотность материала — это масса вещества в единице объема, и она напрямую связана с его теплопроводностью. В общем случае более плотные материалы лучше проводят тепло, так как их молекулы расположены ближе друг к другу, что облегчает передачу тепловой энергии. Однако в случае строительных изоляционных материалов зависимость не всегда линейная.

Многие изоляционные материалы, такие как минеральная вата, пенополистирол или пенополиуретан, обладают низкой плотностью и высокой пористостью. Низкая плотность в сочетании с наличием воздушных полостей снижает теплопроводность, поскольку воздух, заполняющий поры, имеет очень низкий коэффициент теплопроводности — около $0,026 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Это делает воздух одним из лучших природных изоляторов.

Тем не менее, существует оптимальный диапазон плотности для каждого изоляционного материала. Например, если плотность минеральной ваты слишком мала, большие поры могут способствовать конвективному

теплообмену, что увеличивает теплопроводность. С другой стороны, чрезмерно высокая плотность приводит к увеличению доли твердого вещества, которое проводит тепло лучше, чем воздух, что также ухудшает изоляционные свойства. Таким образом, производители стремятся найти баланс между плотностью и пористостью, чтобы обеспечить минимальную теплопроводность.

2. Пористость материала

Пористость — это характеристика, отражающая долю объема пор в общем объеме материала. Она играет ключевую роль в определении теплопроводности изоляционных материалов. В пористых материалах тепло передается через три основных механизма: проводимость твердой фазы, конвекция газа в порах и излучение. Однако основное влияние на снижение теплопроводности оказывает воздух или другой газ, заполняющий поры.

Материалы с высокой пористостью, такие как пенополиуретан или стекловата, содержат множество мелких воздушных карманов, которые замедляют передачу тепла. Чем меньше размер пор, тем меньше вероятность конвекции внутри материала, что способствует снижению теплопроводности. Например, пенополиуретан с закрытыми порами имеет теплопроводность около 0,02–0,03 Вт/(м·К), что делает его одним из лучших изоляционных материалов.

Однако в материалах с крупными порами, таких как некоторые виды минеральной ваты, возможно возникновение конвекции, что увеличивает теплопроводность. Кроме того, при высоких температурах в пористых материалах может усиливаться теплопередача за счет излучения.

3. Влажность материала

Влажность существенно влияет на теплопроводность строительных изоляционных материалов. Вода обладает значительно более высокой теплопроводностью, чем воздух (примерно 0,6 Вт/(м·К)), поэтому проникновение влаги в материал резко ухудшает его изоляционные свойства.

Когда изоляционный материал впитывает влагу, вода заполняет поры, вытесняя воздух, что приводит к увеличению теплопроводности. Кроме того, влага может создавать так называемые тепловые мостики — участки, через которые тепло передается быстрее. Это особенно актуально для материалов с открытой пористой структурой, таких как минеральная вата, которые легко впитывают воду, если не обработаны гидрофобными добавками.

Влажность становится критическим фактором в условиях повышенной влажности, например, при утеплении подвалов, крыш или наружных стен. Для защиты от влаги применяются материалы с закрытыми порами.

Таким образом, контроль влажности — один из ключевых аспектов при выборе и эксплуатации изоляционных материалов.

4. Температура

Температура окружающей среды и самого материала также влияет на его теплопроводность. Для большинства материалов теплопроводность увеличивается с ростом температуры, хотя характер этого изменения зависит от их состава и структуры.

В твердых материалах рост температуры усиливает колебания атомов, что улучшает передачу тепла. В газах, заполняющих поры изоляционных материалов, теплопроводность также увеличивается с температурой из-за ускорения движения молекул. В результате общая теплопроводность пористых материалов растет, особенно если газ в порах играет значительную роль в теплообмене.

Кроме того, при высоких температурах в пористых материалах усиливается теплопередача за счет излучения. Этот эффект может быть значительным для материалов с крупными порами или низкой плотностью.

При выборе изоляционного материала для применения в условиях высоких или низких температур необходимо учитывать, как его теплопроводность изменяется в зависимости от температуры, чтобы обеспечить стабильную теплоизоляцию.

Таким образом, химический состав и структура материала являются основой для создания эффективных изоляционных материалов, и их выбор зависит от конкретных требований к теплоизоляции.

Теплопроводность строительных изоляционных материалов зависит от множества факторов: плотности, пористости, влажности, температуры и химического состава. Каждый из этих факторов по-своему влияет на способность материала удерживать тепло, и их комплексный учет позволяет оптимизировать теплоизоляцию зданий.

Для достижения наилучших результатов при выборе изоляционных материалов необходимо учитывать условия эксплуатации. Например, в условиях высокой влажности предпочтение следует отдавать материалам с закрытыми порами или гидрофобными свойствами. Для высокотемпературных применений важна стабильность теплопроводности при изменении температуры. Оптимальный материал должен сочетать низкую плотность, высокую пористость с мелкими порами, устойчивость к влаге и подходящий состав.

Список литературы

1. Смирнов В.Ф. Теплоизоляционные материалы в строительстве. — М.: АСВ, 2008.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
3. Иванов И.И., Петров П.П. Влияние пористости на теплопроводность строительных материалов // Строительные материалы. — 2010.
4. Крутиков В.А., Яковлев А.И. Теплоизоляционные материалы и конструкции. — М.: Высшая школа, 1991.
5. Юдин В.Е., Козлов В.Г. Теплоизоляционные материалы: структура, свойства, применение. — М.: Химия, 2005.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА

В статье рассматривается применение численных методов для оценки прочности и деформационных характеристик грунтов основания. Исследование основано на реальном инженерном объекте в городе Костанай, расположенном вблизи оврага глубиной около 9 метров, что требует детального анализа устойчивости откосов и несущей способности грунтов. С использованием программного комплекса Plaxis выполнено моделирование напряжённо-деформированного состояния грунтового массива с и без применения цементогрунтовых элементов. Полученные результаты демонстрируют значительное повышение устойчивости склонов и уменьшение деформаций при нагрузке, что подтверждает эффективность метода стабилизации основания с помощью улучшения физико-механических свойств грунта.

Оценка несущей способности грунтового основания и устойчивости склонов является важной задачей при проектировании зданий и сооружений. Особое внимание к этим характеристикам необходимо уделять при строительстве вблизи естественных неровностей рельефа, таких как овраги, а также при возведении сооружений с высокой нагрузкой на основание. Современные численные методы, такие как конечно-элементное моделирование, позволяют провести точный анализ поведения грунта под действием нагрузок и предложить обоснованные инженерные решения по укреплению основания [1].

Настоящее исследование посвящено проекту пристройки к существующему зданию в городе Костанай. Особенность участка заключается в его непосредственной близости к оврагу, глубиной до 9 метров, что обусловило необходимость оценки устойчивости откоса и разработки мероприятий по укреплению грунта.

На участке были выполнены инженерно-геологические изыскания, включавшие бурение двух скважин глубиной по 8 метров методом ударно-канатного бурения с диаметром скважины 146 мм. Из каждой скважины отобрано по 7 монолитных проб, всего — 14 образцов, охватывающих все слои проектной глубины.

Рельеф участка спокойный, с колебаниями абсолютных отметок от 154.47 до 155.30 м. По результатам лабораторных исследований установлено, что верхняя толща до 4 м представлена жёлто-бурым суглинком с прослоями плотного песка, ниже залегает плотная темно-зелёная глина полутвёрдой консистенции с влажностью ниже средней и

песчаными включениями до 5 см. Уровень грунтовых вод фиксируется на глубине около 4 м, возможны сезонные колебания (Рисунок 1).

Расчётная нагрузка от здания составляет 167.105 кН/м, дополнительная нагрузка от автомобильного транспорта — 90 кН/м.



Рисунок 1 - Модель топографической съемки объекта

Для моделирования напряжённо-деформированного состояния основания и откоса использовался программный комплекс Plaxis. Были построены две расчётные схемы:

Базовая модель — с учетом реальной стратификации без дополнительных мероприятий по укреплению;

Укреплённая модель — с применением цементогрунтовых элементов, реализованных с помощью инструмента embedded beam row.

Цементогрунтовые элементы моделировались как вертикальные включения по схеме типа В. Эти элементы формируются путём глубинного перемешивания грунта с цементной суспензией, в результате чего улучшаются прочностные характеристики и снижается водопроницаемость. При этом заданные в модели параметры (модуль деформации, прочность на сдвиг и сцепление) соответствуют экспериментально подтвержденным значениям.

Цель моделирования — сравнить поведение грунта под действием полной нагрузки (от здания и транспорта) в условиях без и с укреплением основания.

В базовой модели наблюдаются значительные вертикальные и горизонтальные деформации откоса, что свидетельствует о недостаточной устойчивости склона.

В укрепленной модели, где были применены цементогрунтовые элементы, величина вертикальных перемещений уменьшилась на 30–40 %, а горизонтальные — более чем на 40 %. (Рисунок 2).

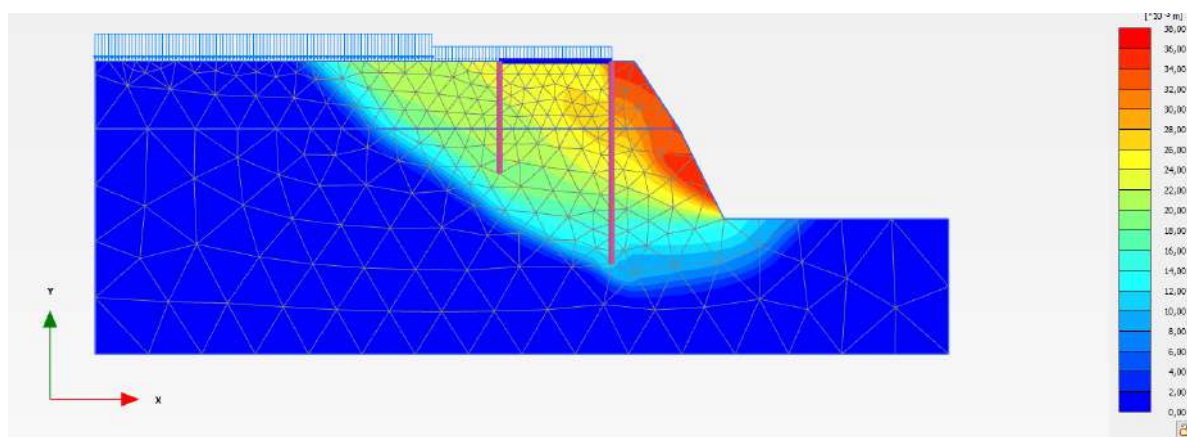


Рисунок 2 - Результаты расчетов устойчивости при полной нагрузке с учетом грунтово-цементных элементов

Фактор устойчивости откоса увеличился до нормативного значения >1.5 , что подтверждает безопасность сооружения после стабилизации грунта.

Также наблюдается равномерное перераспределение напряжений в зоне воздействия нагрузки. Благодаря жёсткости цементогрунтовых элементов происходит эффективное восприятие нагрузок, предотвращается чрезмерное сжатие и деформация слабых грунтовых слоёв [2].

Проведённое исследование подтверждает высокую эффективность применения цементогрунтовых элементов для повышения устойчивости откосов и улучшения характеристик основания. Использование численного моделирования в среде Plaxis позволяет получить достоверную картину напряжённо-деформированного состояния грунта, оценить риски и разработать оптимальное техническое решение.

Метод укрепления цементогрунтом может успешно применяться в условиях сложного рельефа, ограниченной городской застройки, вблизи оврагов, рек и других неблагоприятных геоморфологических факторов. Рекомендуются дальнейшее развитие технологии и её адаптация к различным грунтово-гидрогеологическим условиям, а также инструментальный контроль результатов в натурных условиях.

References

1. GEOTECHNICAL PARAMETER ASSESSMENT AND BEARING CAPACITY ANALYSIS FOR THE FOUNDATION DESIGN / K. Hussain, D. Bin, A. Asghar, J. Hussain, S.M. Iqbal, S.Y. Ali Shah, S. Hussain // Earth Science Malaysia. — 2022. — Т. 6, № 2. — С. 136–145. <https://doi.org/10.26480/esmy.02.2022.136.145>
2. Large deformation failure analysis of the soil slope based on the material point method / P. Huang, S. Li, H. Guo, Z. Hao // Computational Geosciences. — 2015. — Vol. 19, No. 4. — P. 951–963. <https://doi.org/10.1007/s10596-015-9512-9>

ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: КАК ПРОЕКТИРОВАТЬ ЗДАНИЯ ДЛЯ БУДУЩЕГО И БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

В эпоху глобального потепления, урбанизации и роста населения вопрос устойчивого строительства становится как никогда актуальным. Архитекторы и инженеры играют ключевую роль в создании среды, которая минимизирует негативное воздействие на природу и создает комфортные условия для жизни. Устойчивое строительство — это не просто тренд, а необходимость, продиктованная современными вызовами.

Основными принципами устойчивого строительства являются энергоэффективность, экологичные материалы, снижение углеродного следа, водосбережение и интеграция с природой. И вот почему именно эти принципы основные: одной из главных задач устойчивого строительства является минимизация энергопотребления.

Использование солнечных панелей, качественной теплоизоляции, энергоэффективных окон и систем «умного дома» помогает значительно снизить расходы энергии. Выбор строительных материалов с низким углеродным следом, использование переработанных и локальных ресурсов — это ключевые шаги к снижению воздействия на окружающую среду. При проектировании зданий важно учитывать полный жизненный цикл материалов — от добычи сырья до утилизации.

Применение низкоуглеродного бетона и других инновационных решений помогает сократить выбросы CO₂. Системы сбора дождевой воды, повторное использование серой воды и установка водосберегающих устройств позволяют значительно сократить водопотребление. Зеленые крыши, вертикальные сады и внутренние дворы с растительностью способствуют улучшению микроклимата и создают комфортную среду для жителей.

Использование современных технологии в устойчивом строительстве ключ к проектированию будущего. Например, BIM (Building Information Modeling) позволяет оптимизировать проектирование, прогнозировать энергопотребление и минимизировать строительные отходы. Так же к этому можно добавить 3D-печать зданий. 3D-печать становится инновационным инструментом в строительстве, позволяя быстро возводить здания с минимальным количеством отходов и экономией ресурсов.

Следующее направление в использовании современных технологий — это новые функции «умного дома». Автоматизированные системы управления освещением, отоплением и водоснабжением делают здания

более энергоэффективными и удобными в эксплуатации. И для строительства таких зданий важно использовать инновационные материалы. Самовосстанавливающийся бетон, энергосберегающие стекла и биоматериалы — примеры решений, которые повышают долговечность зданий и снижают их влияние на природу.

Будущее строительства определяется новыми тенденциями и вызовами. Модульное строительство набирает популярность, позволяя быстро возводить здания с минимальными затратами на материалы и трудовые ресурсы. Кроме того, такая технология упрощает демонтаж и повторное использование модулей, что способствует устойчивому развитию отрасли.

В условиях стремительной урбанизации архитекторы разрабатывают концепции вертикальных городов и зеленых небоскребов, которые объединяют жилые пространства, офисы и зоны озеленения, решая проблему нехватки земли в мегаполисах.

Круговая экономика в строительстве становится ключевой стратегией для снижения отходов и уменьшения углеродного следа. Переработка и повторное использование строительных материалов позволяют минимизировать воздействие на окружающую среду и сделать отрасль более экологичной. Наряду с этим изменения климата требуют от современных зданий повышенной устойчивости к экстремальным погодным условиям, таким как наводнения, сильные ветры и аномальная жара. И как раз для этого вышесказанное использование инновационных материалов очень важно.

Примеры устойчивых проектов по всему миру подтверждают эффективность современных технологий и экологических решений в строительстве.

Офисное здание The Edge в Амстердаме (Нидерланды) признано одним из самых «умных» и энергоэффективных в мире. Благодаря интеграции солнечных панелей и автоматизированных систем управления энергопотреблением оно демонстрирует передовые подходы к устойчивому строительству.

В Сингапуре Marina One — это многофункциональный комплекс, сочетающий жилые, коммерческие и офисные пространства с обширными зелеными зонами внутри. Энергоэффективные системы вентиляции и освещения позволяют снизить потребление ресурсов, а интеграция природы в архитектуру улучшает микроклимат и комфорт.

Еще один пример — Международный аэропорт Хамад в Катаре, сертифицированный по стандарту LEED Silver. Этот крупнейший транспортный узел региона оснащен интеллектуальными системами энергосбережения, технологиями повторного использования воды для полива зеленых зон и инновационными решениями для сокращения углеродного следа.

Внутри аэропорта расположены зеленые зоны и тропический сад с более чем 300 видами растений, создавая уникальное пространство для отдыха и восстановления. Эти проекты демонстрируют, как современные технологии и принципы устойчивого строительства могут применяться в разных масштабах — от офисных зданий до крупных инфраструктурных объектов.

Устойчивое строительство — это не только технологический вызов, но и социальная ответственность. Архитекторы и инженеры должны стремиться к созданию зданий, которые будут безопасными, долговечными и гармоничными с окружающей средой.

Будущее строительства — это синтез технологий, инноваций и уважения к природе. Успешная интеграция принципов устойчивости в проектирование и строительство — ключ к созданию городов будущего, комфортных для жизни и безопасных для планеты.

Список использованной литературы:

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *"Climate Change 2021: The Physical Science Basis."* Cambridge University Press, 2021.
2. Schneider, S.H., et al. *"Climate Change and the Building Sector."* Environmental Science & Policy, 2019.
3. R. Neumann, *"Adaptation Strategies in Construction: Addressing Climate Change Risks,"* Building and Environment, 2020.
4. *"Guidelines for Climate-Resilient Building Design,"* International Building Code, 2022.
5. Иванов И.И. Принципы устойчивого строительства: как проектировать здания для будущего и будущее строительства // Вестник строительства и архитектуры. – 2025. – № 2(18). – С. 45–52.

ҚҰРАМЫНДА ШЫНЫ ҚАЛДЫҚТЫ БАР КОМПОЗИТТЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ТҮЗУІНДЕГІ ГРАНУЛОМЕТРЛІК ФАКТОР

Байланыстырғыш заттарды құрудың теориялық алғы шарттары шыны қалдықтарының химиялық құрамы шөгінді және метаморфтық тау жыныстарына жақын, мысалы, натролит, морденит және т.б. Шөгінді жыныс тәрізді жыныстардың пайда болу процестерінің кейбірі гидратация-қатайтатын өндіріс кезінде болатынға жақын температура мен қысымда жүреді, сондықтан құрылыс өнеркәсібінде, құрылыс материалдарында және модельдеуге болады. Мысалы, шөгінді текті цеолиттер, анальцим, морденит, натролит, шабазит және т.б. үгілу қыртысында төмен температурадағы гидротермиялық реакциялар нәтижесінде пайда болады. Белгілі бір цеолиттердің түзілу мүмкіндігі гидротермиялық ерітінділердің химиялық құрамына байланысты.

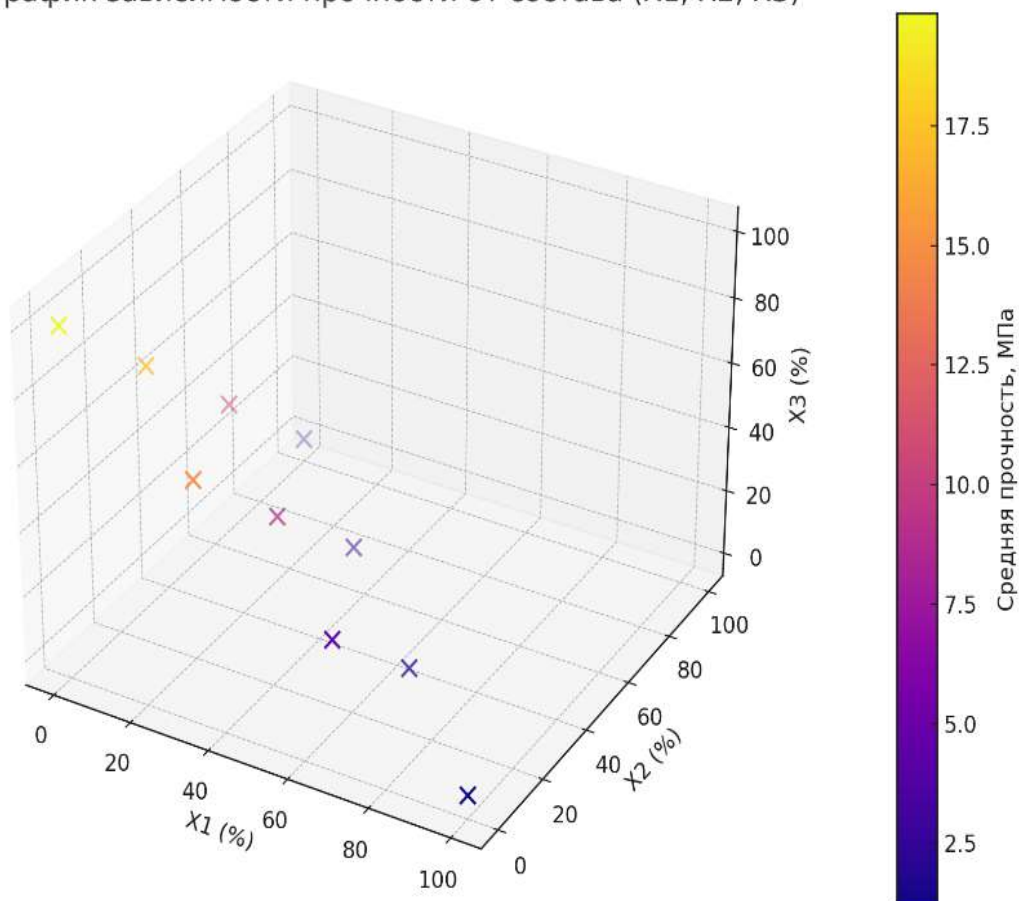
Седиментация бойынша жарияланымдарды талдау сілтілі алюмосиликатты жыныстардың сілтілі ерітінділердің әсерінен химиялық үгітілуі олардың химиялық және заттық құрамының өзгеруіне әкелетінін көрсетеді. Сілтілік жер түзілімдерінің ыдырауының ең тән процесі сусыз алюмосиликаттардың сулыға айналуы болып табылады. Негізінде бұл процесс портландцемент клинкер минералдарын гидратациялау процесінен ерекшеленбейді, сондықтан сілтілі байланыстырушы жүйелердің қатаюы кезінде де мүмкін деп есептеуге болады [2, 3].

Материалдың қасиеттерін бақылау әдістерінің бірі - ұнтақтың гранулометриялық құрамын өзгерту. Біздің жағдайда байланыстырушы компоненттердің дисперсиясының оның сипаттамаларына әсері тәжірибенің симплекстік торын жоспарлау арқылы бағаланды. Шикізат қоспасын зерттеу кезінде ауыспалы факторлар ретінде келесі құрамдас бөліктер қарастырылды: 0,14-0,315 мм фракциялы шыны - X1, сол фракция 0,08-0,14 мм - X2; фракция 0,08 мм-ден аз - X3. Әрбір шыны фракциясының мөлшері бақыланатын айнымалы ретінде алынды, қалған компоненттердің мөлшері мен фракциялық құрамы бекітілді және тәжірибе бойы тұрақты болып қалды. Зерттелетін оңтайландыру критерийлеріне минералды қоспаның дисперсиясының (ұнтақталған керамзит пайдаланылды) әсерін анықтау үшін әртүрлі фракциялық құрамдағы минералды ұнтақты қолдану арқылы жоспарлау матрицасы үш рет орындалды. Бірінші тәжірибеде 0,14-0,315 мм, екінші және үшіншіде сәйкесінше 0,08-0,14 және 0,08 мм-ден аз фракция қолданылды [1].

Шыны қалдықтары мен минералды қоспалардың гранулометриялық құрамына композициялардың беріктігі мен орташа тығыздығының өзгеруінің графикалық тәуелділіктері 1 және 2-суретте көрсетілген.

Тәжірибе нәтижелерін статистикалық өңдеу шикізат қоспасының фракциялық құрамының өзгеруінен байланыстырғыштың беріктігі мен орташа тығыздығының өзгеруін сипаттайтын тәуелділіктерді анықтауға мүмкіндік берді.

3D-график зависимости прочности от состава (X_1 , X_2 , X_3)



Сурет 1 – Шыны қалдықтарының гранулометриялық құрамына беріктік өзгерісінің графикалық тәуелділіктері

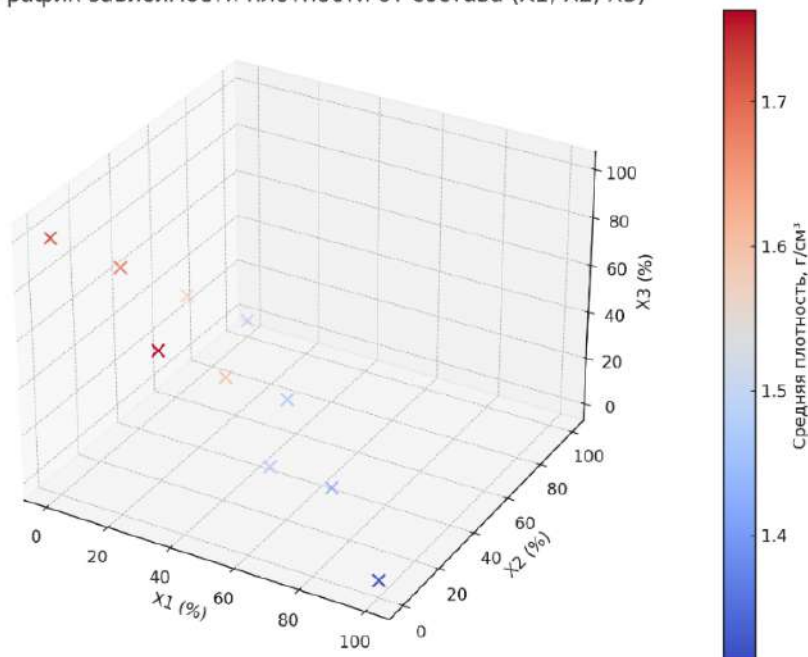
Бұл 3D графикасы байланыстырғыштардың орташа беріктігінің X_1 , X_2 және X_3 компоненттерінің пропорционалды құрамына тәуелділігін көрсетеді:

Маркердің түсі беріктік деңгейін көрсетеді: сары-қызғылт сарыға жақынырақ (плазмалық шкала бойынша), соғұрлым беріктік жоғары болады.

Ең күшті үлгілер X_3 мөлшері жоғары аймақта шоғырланған (Z осі бойымен).

Ең аз төзімділер X_1 және X_3 жоқ X_2 басым аймақтарда.

3D-график зависимости плотности от состава (X1, X2, X3)



2-сурет – Шыны қалдықтарының гранулометриялық құрамына композициялардың орташа тығыздығының өзгеруінің графикалық тәуелділіктері

Бұл 3D график X1, X2 және X3 компоненттері үшін байланыстырғыштардың орташа тығыздығының қоспаның құрамына тәуелділігін көрсетеді:

Көк түстен қызылға дейінгі түс шкаласы жоғарылаған тығыздықты көрсетеді.

Ең жоғары тығыздық жоғары X3 шоғырланған мөлшерімен байқалады (күшті жағдайдағыдай), әсіресе X2 теңдестіріліп қосылғанда.

X1 басым болғанда, тығыздық төменірек болады, бұл беріктік нәтижелеріне сәйкес келеді.

Графиктерден максималды беріктік шыны және минералды қоспа мөлшері 0,08 мм-ден аз композицияларға сәйкес келетіні анықталды. Максималды тығыздық 0,14–0,315 мм фракцияның 33% және 0,08 мм-ден аз фракцияның 67% және 0,08 мм-ден аз фракцияның минералды қоспасынан тұратын шыны ұнтағы негізіндегі композиттерге тән [1].

Негізгі құрылым түзуші факторларға байланыстырушы заттардың беріктігі мен тығыздығының өзгеруінің аналитикалық тәуелділіктері: қатты фазаның дисперсиясы, жеке құрамдастардың арақатынасы да анықталды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Смирнов Ю.М., Байджанов Ю.О., Иманов Е.Қ., Журунова М.А. Құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндірудің ресурс үнемдейтін технологиялары. – Қарағанды: ҚарMTY, 2020. – 84 б.
2. Ши С., Кривенко П.В., Рой ДМ Сілті-белсенді цементтер мен бетондар. – Лондон: CRC Press, 2006. – 388 б. – ISBN: 978-0-8493-2893-1.
3. Глуховский В.Д., Кривенко П.В., Старчук В.Н., т.б. Ұсақ түйіршікті толтырғыштардағы қожды-сілтілі бетондар / В.Д.Глуховский өңдеген. - Киев: Вища школа, 1981. - 223 б.

ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Современная строительная индустрия ориентирована на повышение энергоэффективности, безопасности и экологической устойчивости объектов. В рамках реализации концепции «умных» зданий особое значение приобретает использование инновационных материалов, способных выполнять не только конструктивные функции, но и обеспечивать мониторинг состояния сооружений. Одним из актуальных вопросов является контроль температурных режимов и обеспечения визуальной индикации потенциальных проблем, таких как перегрев или теплопотери. Термочувствительные материалы, обладающие способностью изменять окраску при достижении критической температуры или температуры перехода за счет химического взаимодействия компонентов или изменения молекулярной структуры, открывают новые перспективы в различных областях и могут быть интегрированы в строительные конструкции.

Внешние конструкции зданий могут быть покрыты термочувствительными материалами, которые при повышении температуры меняют цвет на светлый, отражая солнечный свет и снижая затраты на кондиционирование [1]. В дорожном строительстве термочувствительные материалы применяются для создания дорожной разметки, изменяющей цвет при обледенении, повышая безопасность дорожного движения [2,3].

Перспективным направлением мониторинга строительных конструкций является использование термочувствительных полимеров и композитов, в том числе гидрогелей, представляющих собой сеть сшитых гидрофильных полимерных цепей, например, обладающие чувствительностью к изменениям температуры поли-N-изопропилакриламид, гидроксипропилцеллюлозу, поливинилкапролактам [4]. Помимо этого, в полимерную матрицу, не обладающую способностью к изменению цвета, могут вводиться термочувствительные вещества и пигменты, расширяющие функциональные возможности получаемого изделия [5]. Гидрогели с термочувствительными пигментами, интегрированные в стеклянные конструкции (окна, перегородки), могут быть перспективными для применения в качестве индикатора, сигнализирующего о критическом повышении температуры в помещении, вызванном пожаром или перегрузкой, что способствует своевременному реагированию и предотвращению аварийных ситуаций. Например, на рис.1 представлен образец гидрогеля с термочувствительным пигментом, который при повышении температуры изменяет свой цвет от прозрачного светло-коричневого до непрозрачного темно-фиолетового. В перспективе,

представленный гидрогель может быть изготовлен полностью прозрачным и использоваться в качестве оконного заполнения.



Рис.1 Гидрогель с термочувствительным пигментом: до воздействия повышенной температуры (слева); после воздействия повышенной температуры (справа)

Таким образом, интеграция термочувствительных материалов в строительные конструкции способствует внедрению инновационных методов мониторинга состояния объектов, повышению энергоэффективности и безопасности эксплуатации зданий и сооружений. Особенно актуально применение данных материалов в оконных конструкциях, открывая возможности для раннего обнаружения аварийных ситуаций, снижения тепловых потерь и повышения комфорта внутри помещений. Необходимо учитывать, что разработка и применение термочувствительных материалов в строительстве требует глубокого понимания физико-химических процессов, лежащих в основе термохромизма, а также учета специфических условий эксплуатации строительных конструкций. Перспективные исследования направлены на создание стабильных, долговечных и адаптивных полимерных композитов для энергоэффективного и безопасного строительства.

Список использованных источников

1. Aburas, M., Soebarto, V., Williamson, T., Liang, R., Ebendorff-Heidepriem, H., & Wu, Y. (2019). Thermochromic smart window technologies for building application: A review. *Applied Energy*, 255, 113522. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113522>
2. Hu, Ji., Yu, X. (2016) Innovative thermochromic asphalt coating: characterisation and thermal performance. *Road Materials and Pavement Design*, Taylor & Francis, 17, 187–202. <https://doi.org/10.1080/14680629.2015.1068215>.
3. Hu, J., Gao, Q., Yu, X. (2014) Characterization of the Optical and Mechanical Properties of Innovative Multifunctional Thermochromic Asphalt Binders. *Journal of Materials in Civil Engineering*, American Society of Civil Engineers, 27, 04014171. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001132](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001132).
4. Zhou, Y., Dong, X., Mi, Y., Fan, F., Xu, Q., Zhao, H., ... Long, Y. (2020). Hydrogel Smart Windows. *Journal of Materials Chemistry A*.
- Liu, H., Yu, L., Zhao, B., Ni, Y., Gu, P., Qiu, H., ... & Chen, K. (2023). Bio-inspired color-changing and self-healing hybrid hydrogels for wearable sensors and adaptive camouflage. *Journal of Materials Chemistry C*, 11(1), 285-2

INTELLIGENT METHODS FOR CONSTRUCTING 3D TERRAIN MODELS BASED ON UAV DATA

Modern society requires accurate, timely, and scalable information about the condition and characteristics of the surrounding environment. In the context of digitalization, remote sensing technologies, in particular, unmanned aerial vehicles (UAVs), play a key role, providing high-precision images and the ability to create three-dimensional (3D) models of the terrain. However, the effective processing of large volumes of data obtained from UAVs is not possible without the use of intelligent algorithms, including artificial intelligence (AI) methods.

Due to the need for automating geoinformation analysis and increasing demands for the accuracy and detail of 3D models of the terrain, there is a growing interest in the application of AI methods. These methods not only accelerate data processing but also improve its objectivity and accuracy. Intelligent algorithms are becoming the foundation for creating digital models of terrain, infrastructure objects, and natural landscapes. These technologies are especially relevant for tasks such as monitoring, cadastral surveying, forestry, and urban planning.

The aim of this research is to study, analyze, and practically apply intelligent algorithms for constructing 3D models of terrain based on data obtained from UAVs.

Main objectives:

- Analyze existing methods for constructing 3D models using UAV data;
- Study the potential application of neural networks and machine learning algorithms;
- Conduct a comparative analysis of the most effective methods;
- Develop a prototype for an automated processing system;
- Conduct an experimental evaluation of the obtained models based on accuracy metrics.

The study employed methods of digital photogrammetry, neural network modeling, machine learning, and geoinformation analysis. The main software tools used were Agisoft Metashape, Pix4D, CloudCompare, as well as Python libraries: TensorFlow, Keras, OpenCV, and Scikit-learn. The data processing included the construction of point clouds, surface classification, and the creation of digital models of terrain and objects.

Intelligent methods used and their characteristics

Method	Description	Advantages	Flaws
CNN (Convolutional Neural Networks)	Image classification, object segmentation	High accuracy, scalability	High computational costs
UNet	High-resolution image segmentation	Works well with small amounts of data	Requires precise annotation of the training sample
PointNet	Direct point cloud processing	Efficient for 3D data	Complex implementation and setup
K-means	Point cloud clustering	Fast implementation	Not adaptive to the shape of objects
SVM (Support Vector Machine)	Feature-based data classification	Highly robust for small samples	Limitations when working with multidimensional data

The process of building a 3D model using AI:

- Collecting images from a UAV at an altitude of 50-100 m;
- Creating an orthophotomap and point cloud;
- Classifying points using a neural network;
- Cleaning and leveling the point cloud;
- Building a digital elevation model (DEM) and a digital surface model (DSM);
- Visualization in GIS programs and export to 3D formats (OBJ, LAS, DEM).

A UAV flight was conducted on a test site with an area of 15 hectares, followed by image processing. CNN, PointNet and K-means methods were used. Below is a table comparing the accuracy and time characteristics of the models.

Method	Processing time (min/ha)	RMSE (m)	Segmentation accuracy (%)	Conclusions
CNN	15	0.06	94	Suitable for precision tasks
PointNet	18	0.07	91	Efficient for complex terrain
K- means	8	0.22	75	Fast, but less accurate

The resulting digital models are used in the following areas:

- Geodesy: creating topographic plans and cadastres;
- Forestry: inventory of plantings, biomass assessment;
- Construction: design and monitoring of the state of objects;
- Ecology: assessment of anthropogenic impact, control over landscape changes;
- Urban planning: territory visualization, transport infrastructure modeling.

The use of intelligent algorithms for processing UAV data significantly expands the capabilities of spatial analysis. The most promising are neural network approaches, especially in the presence of annotated data. In the future, it is necessary to focus on the integration of AI into domestic geoinformation systems, as well as on the development of universal modules for processing data in real time.

List of references

1. Zhang, L., et al. "Deep learning for 3D point cloud processing." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2020.
2. Litvinenko, V.A. *Digital Photogrammetry*. Moscow: Goryachaya Liniya, 2022.
3. Goodfellow, I., et al. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
4. Agisoft Metashape User Manual. Agisoft, 2023.
5. Bruy, M.A. *Application of UAVs in Geodesy and Remote Sensing*. Moscow: Geoscan, 2021.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ AUTOCAD

Современное проектирование в строительстве всё чаще связывается с внедрением BIM-технологий — информационного моделирования зданий, позволяющего создавать цифровые копии будущих объектов, координировать работу смежных специалистов и автоматизировать расчёты. В теории BIM представляет собой качественный скачок в сторону повышения эффективности проектных работ и управления жизненным циклом здания. Однако на практике, особенно в реалиях казахстанского проектного рынка, внедрение таких решений сталкивается с рядом существенных ограничений.

В рамках научно-исследовательской работы «Исследование ускоренных методов проектирования при работе в программной среде AutoCAD» был проведён опрос среди специалистов разделов АР, ГП, КЖ, КМ, ОВ, ЭП, ЭОМ, ВК из пятнадцати проектных организаций Казахстана, таких как ТОО «Институт Карагандинский Промстройпроект», ТОО «МПК проект», ТОО «Сантехэнергопроект» и др.. Все респонденты подтвердили использование AutoCAD в своей повседневной деятельности, при этом 88,2% участников указали его как основной инструмент проектирования. Эти данные позволяют сделать вывод о высокой степени распространённости и укоренённости данного программного продукта в практике проектирования зданий и сооружений.

Для справедливого сравнения с BIM было выбрано программное обеспечение Revit, также разработанное компанией Autodesk. Это одно из самых популярных решений в среде информационного моделирования. Тем не менее, даже при наличии такого потенциала переход на BIM остаётся труднодостижимым для многих организаций. Одним из ключевых факторов является стоимость: по состоянию на 2024 год годовая лицензия на Revit составляет 2 910 долларов США, тогда как лицензия на AutoCAD — 2 030 долларов. Таким образом, Revit дороже приблизительно на 40%. В условиях, когда каждое предприятие стремится минимизировать затраты, эта разница становится ощутимой, особенно для небольших или региональных компаний.

Кроме того, внедрение Revit требует не только приобретения лицензии, но и модернизации оборудования. Минимальные технические требования включают 16–32 ГБ оперативной памяти, дискретную видеокарту уровня NVIDIA RTX, SSD-диски и высокопроизводительный процессор. Многие проектные организации не располагают таким

оснащением, а его закупка потребует дополнительных инвестиций, зачастую сравнимых с годовым фондом оплаты труда сотрудников.

Следующий барьер — обучение персонала. Revit представляет собой не просто новое ПО, а принципиально иную парадигму проектирования, основанную на 3D-моделировании, а не на плоском черчении. Для сотрудников, особенно старшего поколения, этот переход требует значительных усилий. Курсы базового уровня стоят от 125 000 до 168 000 тенге за одного сотрудника. В крупных компаниях подобные расходы можно распределить в рамках корпоративного бюджета, однако для малого бизнеса это становится серьёзной статьёй затрат. Также следует учитывать временные потери: в период переобучения производительность труда снижается, а проектные сроки могут сдвинуться.

Таким образом, для ряда компаний переход на BIM-технологии пока что не только экономически невыгоден, но и стратегически неактуален. Вместо этого имеет смысл сосредоточиться на оптимизации уже существующих процессов в рамках используемого программного обеспечения. Именно эту гипотезу проверяло исследование, проведённое в проектной организации ТОО “AsiArt”.

Эксперимент по внедрению стандарта проводился с 17.02.2025 года по 31.03.2025 года, включительно. В исследовании приняло участие 43 инженера из 12 различных отделов (АР, ГП, КЖ, КМ, ОБ, ВК, ТХ, ГИП, ЭМ, ЭО, СС, ПТО).

Целью эксперимента было оценить эффективность внедрения единого корпоративного стандарта работы в AutoCAD. Он включал в себя унификацию оформления, создание шаблонов чертежей, регламентированное использование слоёв, библиотек символов и блоков, автоматизацию пакетной печати и построения спецификаций. Сотрудники прошли внутреннее обучение, направленное на повышение эффективности использования знакомых инструментов. Обучение проводилось на базе компании ТОО “AsiArt” с 03.03.2025 года по 18.03.2025 года. Общее время обучения – 24 академических часа.

Для каждого отдела было предложено персонализированное задание, учитывающее особенности работы данного подразделения и сфокусированное на основной деятельности конкретного инженера. Так для строительных отделов и отдела ГП было предложено черчение с нуля, для отделов инженерных сетей была выдана готовая подложка плана и разрезов, для ГИП и ПТО – частично готовые строительные чертежи. Для анализа эффективности внедрения стандартизированного метода работы в AutoCAD была разработана математическая модель временных затрат.

Систематизация процессов и обучение сотрудников более эффективному использованию уже знакомых инструментов привели к следующим результатам:

- Среднее сокращение времени выполнения заданий на 28%.

- Отделы ГИП и ПТО сократили время работы на 47% и 48% соответственно благодаря использованию шаблонов и пакетной печати.

- Время на чертежную работу и создание спецификаций уменьшилось на 27%.

Снижение временных затрат на оформление документации на 21%.

Но не менее важно то, что стандартизация процессов в AutoCAD позволила внедрить элементы системы менеджмента качества. Согласно стандарту ISO 9001:2015, одним из ключевых принципов управления качеством является процессный подход, при котором каждый этап производственной или проектной деятельности описывается, регламентируется и поддается контролю. Формализация работы в AutoCAD позволила реализовать этот подход: каждый сотрудник стал работать по единым правилам, сократилось количество субъективных решений, повысилась воспроизводимость и прозрачность результатов.

Таким образом, стандартизация проектной деятельности в AutoCAD демонстрирует высокую эффективность, как управленческий инструмент. В условиях, когда переход на BIM невозможен или экономически нецелесообразен, такой путь позволяет повысить качество, скорость и надёжность проектирования без кардинального изменения всей технологической цепочки. Это особенно актуально для малых и средних проектных организаций, которые хотят улучшить внутренние процессы и соответствовать современным требованиям без масштабных инвестиций. Грамотное управление и выстроенная система менеджмента качества позволяют раскрыть нереализованный потенциал привычных инструментов проектирования. Внедрение стандартизированных рабочих процессов и чётких регламентов способствует значительному повышению скорости и качества проектных работ без дополнительных затрат и без необходимости коренных изменений в существующей инфраструктуре.

Список использованных источников:

Autodesk. (2024). Revit Product Overview. Retrieved from: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

L-P.kz. (2024). Прайс-лист на курсы. Retrieved from: <https://l-p.kz/prays-list.php>

Autodesk Help. (2025). About CAD Standards. Retrieved from: <https://help.autodesk.com/cloudhelp/2025/>

ISO 9001:2015. Quality Management Systems – Requirements. International Organization for Standardization.

ЛЕДОФОБИЗИРУЮЩИЙ ПРОПИТОЧНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ БЕТОННЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОНЕНТА

Сегодня, в дорожном строительстве широко применяется технология устройства одежды из цементно-бетона и асфальтобетона [1]. Цементно-бетонные дороги (далее бетонные) имеют большое преимущество перед асфальтобетонным покрытием, а именно долговечность, прочность, устойчивость к морозному пучению основания дорог [2]. Одним из недостатков цементно-бетонных дорог является обледенение их поверхности при отрицательных температурах, что отражается на безопасности движения [3].

В качестве технического решения по устранению данной проблемы часто применяют химические реагенты и соли способные растворить ледяную корку [4]. Однако, нужно учитывать низкую устойчивость бетонных дорог к агрессивным средам, которые образуются при взаимодействии химических реагентов и солей с водой [5]. В результате агрессивность среды влечет за собой как разрушение дорожного покрытия, а также вызывает коррозию автомобильного транспорта. Обработка дорожного покрытия реагентом требует периодического ухода при каждом образовании обледенения. С учетом частой цикличности климатических условий, данный метод имеет низкую эффективность и экономически не целесообразен. Так же в мировой практике, в качестве абразива применяют песок, укладываемый на поверхность обледенелых дорог, тем самым увеличивая сцепление колес с ледяной коркой. Данный метод не решает проблему в целом, носит кратковременный эффект, требует постоянного ухода.

Решение обозначенной проблемы обледенения бетонных дорог остается актуальным и может быть найдено в использовании пропиточных составов, не требующих частого ухода, но способных снизить ледообразование или его частичное устранение. Тогда, кроме технологической эффективности пропиточного состава важным становится вопрос его экономической эффективности. Предложенный в статье пропиточный состав изготавливается на основе кератиносодержащих компонентов, получаемых из отходов животноводства [1]. Состав обеспечивает обволакивание поровой структуры бетона, создавая прослойку разности натяжения, тем самым, не позволяя льду и бетону стать единым монолитом, в связи, с чем лед разбивается даже при малом механическом воздействии [2]. Также в состав входят водорастворимые

полимеры, что позволяет достичь большого эффекта гидрофобности структуры бетонных дорог, защищая их от обледенения [3].

Исследования по оценке качества дорожного покрытия проведены в лабораторных условиях. Основным сравнительным критерием являлась оценка адгезии ледяной корки к цементобетонному покрытию дороги. Как и оговаривалось ранее, характер сцепления льда к бетону зависит от площади контакта двух составляющих (лед и бетон). При этом прочность сцепления (адгезийное сопротивление) льда и бетона это результат условного аддитивного эффекта следующих факторов: первый фактор – это адгезия льда к бетону, как к материалу; второй фактор - это защемление (анкеровка) льда в поровой (микро и макро) структуре по поверхности бетона [4]. При этом здесь четко наблюдается эффект синергии, то есть если рассматривать эти факторы отдельно друг от друга, то эффективность их адгезийного сопротивления существенно снижается, по сравнению с совместным адгезийным сопротивлением, при котором наблюдается взаимовлияние [5]. Поэтому, исключив один из факторов, в нашем случае это первый фактор – адгезия льда, мы существенно снижаем эффективность второго фактора – анкеровка ледяной корки.

Результаты испытаний

На рисунке 1 представлены результаты испытаний моделирования термических напряжений.



Рис. 1 Образцы, после моделирования термического напряжения

На рисунке 2 представлены результаты испытаний контрольных образцов на водопоглощение. На рисунке 2А показаны средние значения плотности образцов в сухом состоянии, на рисунке 2В – средняя плотность во влажном состоянии, а на рисунке 2С – средние значения водопоглощения образцов. По оси ординат показан порядковый номер образцов, по оси абсцисс – соответствующие им частные значения.

ОБРАЗЦЫ С ПОКРЫТИЕМ

Номер образца	m с.о., г	m в.о., г	w, %
1	2230	2280	2,24
2	2285	2325	1,75
3	2260	2305	1,99
4	2285	2330	1,97
5	2225	2265	1,80
Среднее значение w, %:			2,0

ОБРАЗЦЫ БЕЗ ПОКРЫТИЯ

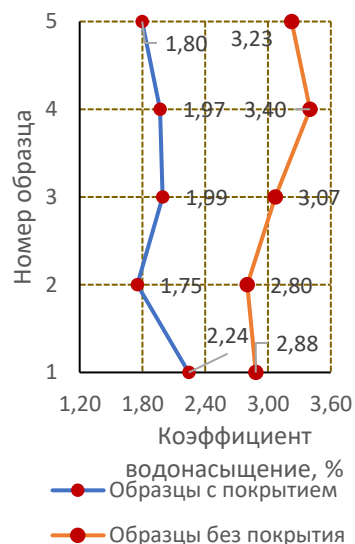
Номер образца	m с.о., г	m в.о., г	w, %
1	2255	2320	2,88
2	2320	2385	2,80
3	2280	2350	3,07
4	2205	2280	3,40
5	2170	2240	3,23
Среднее значение w, %:			3,1

m с.о. - масса сухого образца, г

m в.о. - масса влажного образца, г

w - коэффициент водонасыщения, %

$$W = \frac{m_{в.о.} - m_{с.о.}}{m_{с.о.}} \cdot 100, \%$$



А

В

С

Заключение

1. Технологической особенностью предложенного ледофобного покрытия является применение в его составе кератина, получаемого относительно не дорогим способом из отходов животноводческой промышленности. Ледофобное покрытие на основе кератина направлено на снижение адгезийного сопротивления ледяной корки бетонных дорог.

2. Лабораторные испытания по моделированию термических напряжений образцов с ледофобным покрытием, показали значительное растрескивание ледяной корки с отслоением ее от поверхности бетона на 70% от общей площади поверхности образца. У образцов без ледофобного покрытия термические напряжения вызвали локальное растрескивание ледяной корки, без ощутимого нарушения ее сплошности.

3. Испытания на водопоглощение также показали эффективность покрытия, ее способность препятствовать проникновению воды, и как следствие снижению тем самым площади контакта льда и бетона. Среднее значение водопоглощения образцов без покрытия на 47% превышает те же значения образцов с покрытием. В целом результаты исследований показали эффективность применения покрытия для бетонных дорог в качестве ледофобного материала.

Список использованных источников

1. Петухов П. А. Цементобетон и асфальтобетон в экологическом аспекте дорожной отрасли // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – Т. 2. – С. 308-315.
2. Pacheco-Torgal F., Labrincha J. A. Biotech cementitious materials: Some aspects of an innovative approach for concrete with enhanced durability // Construction and Building Materials. – 2013. – V. 40. – P. 1136-1141. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.080>
3. Пшембаев М. К., Ковалев Я. Н., Шевчук Л. И. Напряжения в цементно-бетонном покрытии от термического удара // Наука и техника. – 2016. – №. 2. (русскоязычном журнале)
4. Ганжа В. Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом: монография – Красноярск: Сиб. федер. ун.—т, 2012. – 192 с.
5. Mundo R. D. et al. Recent Advances in Hydrophobic and Icephobic Surface Treatments of Concrete // Coatings. – 2020. – V. 10. – №. 5. – P. 449. <https://doi.org/10.3390/coatings10050449>

STANDARDIZATION AND RESEARCH OF DESIGN ACCELERATION METHODS IN THE AUTOCAD ENVIRONMENT

Despite the widespread adoption of BIM systems such as Revit, most design organizations in Kazakhstan continue to rely on AutoCAD as their primary tool for preparing project documentation.

To obtain an objective picture, a survey among design engineers in the Republic of Kazakhstan was conducted using Google Forms. The survey involved specialists from 15 different organizations, working in sections such as AR, SP, CSD, SSD, HVAC, CD, ELD, and PWS. All respondents (100%) confirmed they use AutoCAD in their daily work, and 88.2% identified it as their main design software.

Analysis of the collected feedback revealed the most common issues: lack of a unified approach to file structure, the use of additional plugins that produce unpredictable results in standard environments, incorrect use or lack of knowledge of basic tools, and heavy dependence on individual user habits. Based on this analysis, a comprehensive document was developed titled “Standard Instruction: Unified Rules for Working in the AutoCAD Environment.”

This document regulates the following aspects:

- Rules for creating graphic primitives, color schemes, and layer organization;
- Unified styles for lines, text, dimensions, multileaders, callouts, and tables;
- General requirements for table formatting and hatch patterns;
- Guidelines for creating and managing block libraries, including dynamic blocks;
- Use of tool palettes with predefined rules;
- Sheet space use, viewport management, and unified print settings;
- Cleanup and error-check utilities for drawing optimization;
- Procedures for drawing verification and quality control.

In addition to the main instruction document, the following supporting tools were developed:

- A template (.dwt file) with a full set of standardized layers and styles;
- A standards checking file (.dws) for quality control;
- A systematic block and table library;
- Utility add-ons to enhance productivity without altering content;
- Educational materials including video tutorials and textual guides.

To evaluate the effectiveness of the system, a practical experiment was conducted at LLP “AsiArt”, an architecture and engineering design company. The experiment involved 43 engineers from 12 departments, including chief project engineers, structural specialists, utility systems engineers, master planners, concept designers, technologists, and site engineers.

At the first stage, a baseline measurement was performed — participants were asked to complete a typical design task using their usual workflow. The results obtained were used as input data for a mathematical model designed to compare efficiency. The time expenditure model, taking error correction into account, can be expressed by the following formula:

$$t_{total} = t_{drawing} + t_{layout} + t_{specs} + t_{corrections} + E \cdot K_{corrections} \quad (1)$$

Where t_{total} : total time to complete the task (in minutes);

$t_{drawing}$: time spent creating the drawingtime for drafting (in minutes);

t_{layout} : time spent formatting the drawing (annotations, dimensions, labels, callouts, etc.) (in minutes);

t_{specs} : time required to complete specifications (in minutes);

$t_{corrections}$: time spent making corrections (in minutes);

E : number of errors in the project;

$K_{correction}$: average time required to correct a single error (in minutes).

Each of these values was recorded before and after the implementation of the standardized workflow.

Next, the participants completed a training course on the new standard, which lasted 24 academic hours. The training included theoretical explanations, live demonstrations, and hands-on practical tasks. Upon completion of the course, participants were asked to complete a similar project task using the newly introduced tools: templates, block libraries, and standardized rules.

The averaged experimental results across all departments are presented in Table 1.

Table 1. Average metrics before and after implementation:

	t_{total} (min)	$t_{drawing}$ (min)	t_{layout} (min)	t_{specs} (min)	$t_{corrections}$ (min)	E	$K_{correction}$, (min)
Before	129	54	32	18	11	7,5	1,84
After	93	39	25	13	9	3,3	1,81
Change, %	28%	27%	21%	27%	23%	0,56%	-

The average task time was reduced by 28%, and the number of design errors decreased by more than half. Additionally, engineers reported improved navigation and smoother collaboration due to a clear folder structure and consistent naming conventions.

These findings confirm the hypothesis that productivity can be significantly increased through AutoCAD standardization—without the cost and complexity of BIM platforms. For small and medium-sized design firms, which often lack the resources to adopt full-scale BIM systems like Revit, structured AutoCAD workflows offer immediate and measurable benefits. The proposed solution is accessible, practical, and can be implemented without overhauling existing infrastructure.

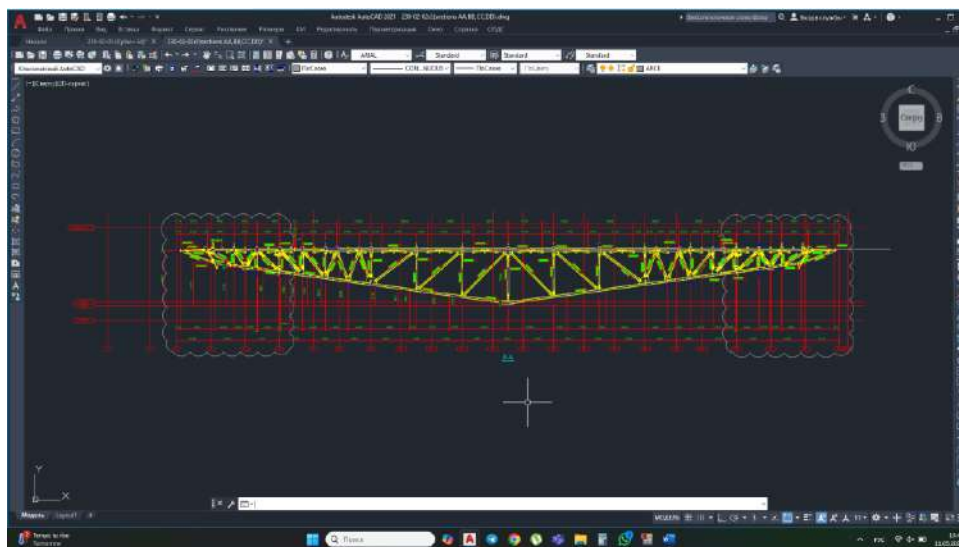
References:

1. Y. Youkhanna Zaia, S. Mustafa Adam, F. Heeto Abdulrahman. *Application of CAD in Engineering: Benefits and Challenges*. – Ain Shams Engineering Journal, 14 (2023), 101881.
2. Autodesk Help. (2025). *About CAD Standards*. Available at: <https://help.autodesk.com/cloudhelp/2025/>
3. Goncharov S.A., Krylov P.V. *Automation Tools in AutoCAD: A Practical Guide*. – Moscow: Prosveshchenie, 2022. – 368 p.

ЛИРА-АЖЖ ЖҮЙЕСІНДЕ ФЕРМА ҚҰРЫЛЫМДАРЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІН ІСКЕ АСЫРУ

Стадионның жабын конструкцияларын тексеру процесі кезең-кезеңімен орындалды. Негізгі кезеңдерге мыналар кіреді: бастапқы осьтік сызбаларды дайындау, оларды тиісті форматқа экспорттау, модельді ЛИРА-САПР-қа импорттау, есептік схеманы құру, қималар мен материалдарды тағайындау, жүктемелерді беру және автоматты түрде жүктеме үйлесімдерін генерациялау, есептеу және нәтижелерді талдау. Төменде әрбір кезең жеке қарастырылады.

Бастапқы кезеңде ғимараттың CAD-сызбалары дайындалды. AutoCAD бағдарламасында стадионның осьтік торы жобалық құжаттама негізінде құрастырылды және нақтыланды (Сурет 1).



Сурет 1 - Т-1 фермасының қимасы

Архитектуралық-құрылымдық осьтер жеке қабаттарға немесе объектілер топтарына бөлінді. Негізгі әрекеттер төмендегідей:

- Ғимарат осьтерін жеке қабатқа шығару (немесе X/Y бағыттары бойынша бірнеше қабаттарға), бұл импорт кезінде олардың танылуын жеңілдетеді;

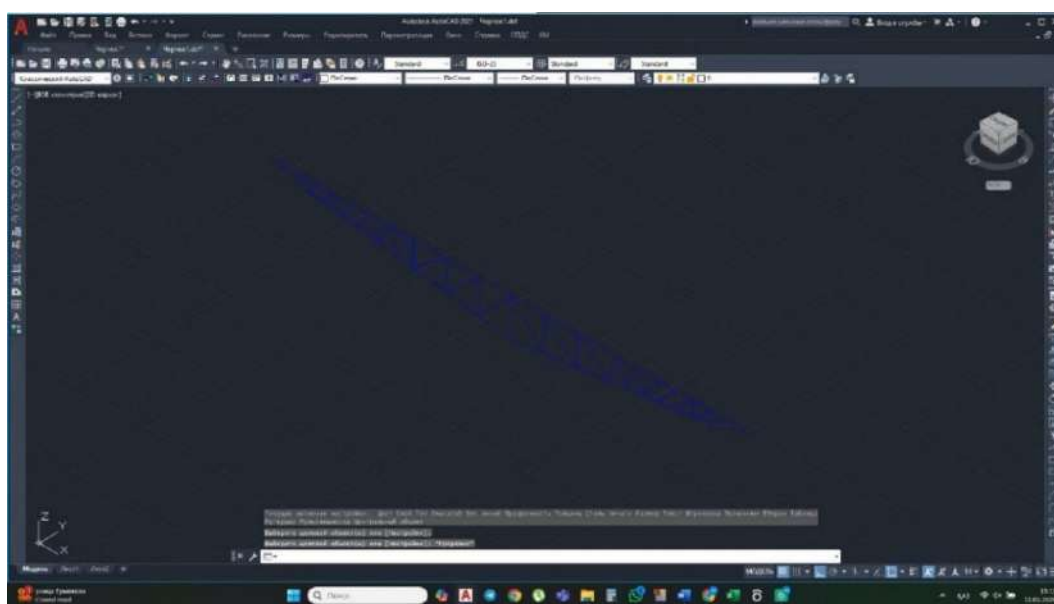
- Артық ақпараттарды жою (мысалы, қосалқы белгілер, жиһаз жоспарлары), яғни есептік схемаға әсер етпейтін бөлшектер алынып тасталды;

- Масштабтың дұрыстығын тексеру және қажет болған жағдайда өлшем бірліктерін есептік талаптарға сәйкестендіру;

- DWG файлын ЛИРА-САПР-қа сәйкес келетін нұсқада сақтау (әдетте ең жаңа немесе қолдау көрсетілетін нұсқада, Сурет 2).

DWG форматындағы жеңілдетілген файл нәтижесінде ғимараттың координаттық осьтері мен негізгі конструкциялардың (мысалы, колонналар мен негізгі ригельдердің орналасуы) орналасуын сипаттайтын элементтер сақталады. Мұндай дайындық модельді әрі қарай сапалы тануға мүмкіндік береді.

Келесі кезең – дайындалған деректерді есептік бағдарламалық кешенге жүктеу. ЛИРА-САПР жүйесінде “DWG/DXF-тан импорттау” модулі арқылы дайын файл оқылады. Бұл кезеңнің ерекшеліктері.



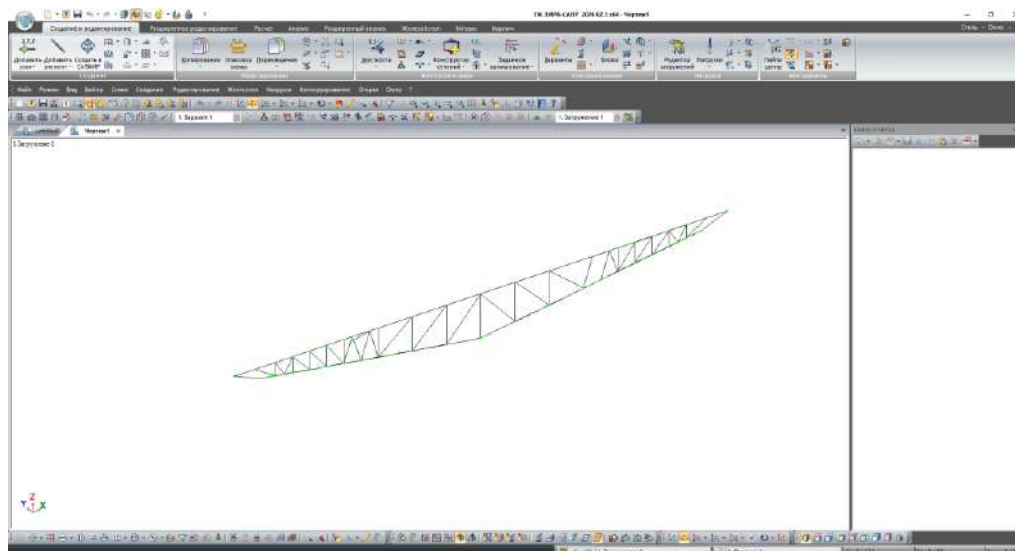
Сурет 2 - AutoCAD-та T-1 фермасын дайындау және DXF-ке экспорттау

ЛИРА-САПР DXF файлы ішінен «құрылыс осьтерін» автоматты түрде анықтайды, олар белгілі бір қабаттарда көрсетілген сызықтар арқылы беріледі. Осы осьтердің қиылысу нүктелерінен модельдің түйіндік нүктелері (узелдері) құрылады. Кей жағдайларда, X және Y бағытындағы осьтер орналасқан қабаттарды қолмен көрсету немесе растау қажет болды (Сурет 3).

Импорт барысында өлшемдердің сәйкестігі тексерілді – осьтер арасындағы қашықтықтар мен орта масштаб нақты жобалық өлшемдермен салыстырылды. Масштабта сәйкессіздік анықталған жағдайда түзету жүргізілді.

Импорт аяқталғаннан кейін, түйін координаттарының бастапқы тормен сәйкестігі, «жоғары-төмен» бағытының (Z осінің) дұрыстығы

тексерілді. Қажет болған жағдайда модельдің бағыты өзгертілді (мысалы, 90° бұру, айналық бейнелеу, координаттар жүйесін ауыстыру).



Сурет 3 - Т-1 фермасының DXF моделін Лири САПР-ға импорттау
жобалау схемасын құру

Осы әрекеттер нәтижесінде ЛИРА-САПР-тың жұмыс алаңында стадион осьтеріне сәйкес келетін түйіндер мен сызықтар жиыны құрылды. Бұл түйіндер кейін толық есептік құрылымдық схеманы құру үшін негіз болды. Мұндай тәсіл есептік модельді дайындауға кететін еңбек шығындарын айтарлықтай қысқартып, деректерді қолмен енгізу қажеттілігін жойды және қателіктер ықтималдығын төмендетті.

Алынған қорытындылар құрылыстарды тексеру бойынша әдістемелік ұсынымдар мен нормативтік құжаттарды жетілдіру кезінде пайдаланылуы мүмкін, бұл олардың инженерлік сала үшін маңызды екенін айғақтайды. Ұсынылған әдістемені қолдану техникалық қорытындылардың жеделдігі мен нақтылығын арттыруға септігін тигізеді, бұл күрделі құрылыс нысандарын қауіпсіз пайдалану деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. «QRG Standart». Комплексное обследование несущей способности сооружения ФС «Астана Арена» (Экспертное заключение № QRG-24/22). – Караганда, 2022.
2. Назарбаев Т.М., Сапаров Е.Ж. Методика учёта фактических дефектов при поверочном расчёте стальных ферм // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2021. – № 4. – С. 63-72.
3. Бахтияров Ж.Д. Оптимизация расчётных схем металлоконструкций на стадии обследования // Вестник КазНИИСА. – 2022. – № 1(71). – С. 45-54.
4. Eurocodes – Worked Examples: Design of Steel Structures. – Luxembourg: Publications Office of the EU, 2020.
5. Лихачёв А.А., Жуков С.И. Расчёт и анализ пространственных стальных конструкций в ЛИРА-САПР. – М.: АСВ-Пресс, 2020.

САУДА ОРТАЛЫҒЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ФАКТОРЛАРЫНЫҢ ӘСЕРІ

Қазіргі заманғы сауда орталықтары – жоғары келушілік, өзгермелі пайдалану жағдайлары және қоршаған орта факторларының күрделі әсерімен ерекшеленетін маңызды коммерциялық нысандар. Мұндай ғимараттарда конструкциялардың сенімділігі – пайдаланушылардың қауіпсіздігі мен нысанның ұзақ қызмет етуінің басты кепілі. Сауда орталықтарының жұмыс барысында тұрақты (құрылым салмағы), уақытша (адамдар мен жабдық қозғалысы) және динамикалық (діріл, лифт пен эскалатор жұмысы) жүктемелер туындайды. Сонымен қатар, жел, қар және температура ауытқулары сияқты сыртқы әсерлер құрылымдардағы кернеу таралуына ықпал етіп, шаршау зақымдануына себеп болуы мүмкін.

Осы жұмыста конструкцияларға тұрақты, уақытша және динамикалық жүктемелердің, сондай-ақ климаттық және сейсмикалық факторлардың әсері қарастырылады. Бағалау үшін дәстүрлі (Еврокодтар, СНиП) және заманауи (СЭӨ, Монте-Карло) әдістер қолданылады. Мақсат – конструкцияның осал тұстарын анықтап, сенімділікті арттыру жолдарын ұсыну.

Эксплуатациялық жүктемелерді талдау және олардың әсері

Эксплуатациялық жүктемелер үш негізгі топқа бөлінеді:

- Тұрақты жүктемелер – жүк көтергіш құрылымдар, инженерлік жүйелер мен әрлеу материалдарының салмағынан тұратын, ғимараттың бүкіл қызмет ету мерзімінде өзгермейтін жүктемелер [1].
- Уақытша жүктемелер – келушілер қозғалысы, тауарлардың уақытша орналастырылуы, эскалаторлар мен лифттердің жұмысы кезіндегі пайда болатын жүктемелер [2].
- Динамикалық жүктемелер – діріл, соққы және сыртқы әсерлер (жер сілкінісі, күшті жел) нәтижесінде туындайтын әсерлер.

Бұл жүктемелер Еврокодтар, ҚНЖЕ және эмпирикалық деректер негізінде есептеледі. Тұрақты жүктемелер негізгі үлесті құрайды, ал уақытша және динамикалық жүктемелер конструкцияның сыни аймақтарында кернеуді күшейтіп, беріктік қорын төмендетеді. Сондықтан олардың әсерін нақты бағалау үшін сандық әдістер қажет.

Қоршаған орта факторларының әсері

Құрылымдардың тұрақтылығына айтарлықтай ықпал ететін негізгі сыртқы факторларға жел, қар, жауын-шашын, температура ауытқулары және сейсмикалық әсерлер жатады.

- Жел жүктемелері – желдің жылдамдығы, бағыты және объектінің орналасу ерекшеліктері ескеріліп, EN 1991-1-4 тәрізді нормативтерге сәйкес есептеледі. Үлкен беткейлері бар фасадтар үшін бүйірлік күштер туындатады.

- Қар мен жаңбыр жүктемелері – шатыр салмағын арттырып, жүктемелердің қайта бөлінуіне және жергілікті кернеулердің өсуіне себеп болуы мүмкін.

- Температура ауытқулары – құрылым элементтерінің циклдік кеңеюі мен қысылуы термиялық деформациялар мен микрожарықтардың пайда болуына әкеледі.

- Сейсмикалық жүктемелер – белсенді сейсмикалық аймақтарда арнайы әдістермен есептеліп, құрылымның тербелісіне, кернеу таралуына елеулі әсер етеді.

Бұл факторларды бағалау үшін метеорологиялық мәліметтер, сейсмикалық карталар және мамандандырылған есептер қолданылады. Нәтижесінде, сыртқы әсерлердің модельдерге дұрыс интеграциялануы қамтамасыз етіледі.

Бағалау әдістерінің салыстырмалы талдауы

Шектеу жағдайларына негізделген әдіс құрылымның беріктігін жедел бағалауға мүмкіндік береді, бірақ нақты пайдалану шарттарындағы белгісіздіктерді толық ескермейді. Ықтималдық талдау материалдар мен жүктемелердің статистикалық өзгермелілігін ескеріп, істен шығу тәуекелін дәлірек бағалайды, алайда көп дерек пен ресурс қажет етеді [3].

Соңғы элементтер әдісін Монте-Карло тәсілімен біріктіру кернеулерді дәл есептеуге мүмкіндік береді, бірақ есептеу күрделілігімен шектелуі мүмкін. Осыған байланысты, әр әдістің артықшылықтарын біріктіретін кешенді тәсіл құрылым сенімділігін бағалаудың тиімді жолы болып табылады.

Тұрақтылықты бағалаудың кешенді тәсілі және ұсыныстар

Сауда орталықтарының құрылымдық тұрақтылығын дәл әрі тиімді бағалау үшін бірнеше әдісті үйлестіре қолдану қажет:

- Шектеу жағдайларына негізделген әдіс – конструкцияның негізгі беріктік қорын анықтайды.

- Ықтималдық талдау – Монте-Карло сияқты статистикалық тәсілдер арқылы жүктемелер мен материалдардың өзгермелілігін ескереді.

- Сандық модельдеу (МКЭ) – құрылым элементтеріндегі кернеулерді нақты әрі егжей-тегжейлі есептеуге мүмкіндік береді.

Аталған әдістерді біріктіру конструкцияның осал тұстарын анықтауға және жобалау мен пайдалану кезеңінде алдын ала шаралар қабылдауға жол ашады.

Ұсыныстар:

- Кешенді бағалау үшін детерминирленген және ықтималдық әдістерді біріктіру;

- Сыншы аймақтардағы кернеулерді азайту мақсатында құрылымдық шешімдерді жетілдіру;
- Жоғары температура мен динамикалық жүктемелерге төзімді материалдарды қолдану;
- Құрылым күйін бақылауға сенсорлық жүйелерді енгізу;
- Есептік модельдерді климат пен пайдалану шарттарына қарай жаңартып отыру.

Қазіргі жобалаудың мәселелері мен инновациялық шешімдері

Дәстүрлі тәсілдердің шектеулері мен заманауи шешімдер

Қолданыстағы есептік модельдер көбіне идеал жағдайларға негізделіп, материал тозуы мен нақты климаттық әсерлерді жеткілікті ескермейді, бұл ұзақ мерзімді сенімділіктің төмендеуіне себеп болады.

Инновациялық шешімдер:

- Материалдар: композиттер мен өздігінен емделетін бетондар жарықтардан қорғайды, жеңіл әрі берік материалдар құрылым салмағын азайтады.
- Мониторинг: сенсорлар мен BIM технологиялары конструкция күйін бақылауға және жүктеме әсерін болжауға мүмкіндік береді.
- Сандық әдістер: МКЭ, Монте-Карло және машиналық оқыту тәсілдері есептеудің дәлдігін арттырып, күрделі жүктемелерді талдауға жағдай жасайды.

Қорытынды: Талдау нәтижелері сауда орталықтарының тұрақтылығы жүктемелер мен климаттық әсерлерді кешенді есепке алумен тығыз байланысты екенін көрсетті. Тұрақты, уақытша және динамикалық жүктемелермен қатар, сыртқы факторларды (жел, қар, температура, сейсмика) бағалау интеграцияланған есептеу әдістерін талап етеді. Детерминирленген, ықтималдық және сандық тәсілдер осал аймақтарды анықтап, жобалық шешімдерді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Инновациялық материалдар мен мониторинг жүйелерін қолдану ғимараттың сенімділігі мен ұзақ қызметін қамтамасыз етеді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Еврокод 1: Воздействия на сооружения – Часть 1-1: Общие воздействия – Плотности, собственный вес, нагрузки на здания.
2. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия, Москва: ФГУП ЦПП, 2005. – 44с.
3. Национальное приложение к Еврокоду EN 1991-1-7 «Воздействия на сооружения. Часть 1-7: Общие воздействия. Особые воздействия».
4. EN 1991-1-4; Eurocode 1: Actions on structures.
5. Халықаралық құрылыс кодексі (International Building Code), International Code Council, 2018.

ИНТЕГРАЦИЯ ISO 9001 И BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современном строительстве растет потребность в совершенствовании систем менеджмента качества, что диктует необходимость применения передовых международных стандартов и цифровых технологий. Одними из ключевых элементов повышения эффективности контроля качества являются стандарт ISO 9001 и методология BIM (Building Information Modeling). Интеграция этих компонентов позволяет не только оптимизировать процессы производства и контроля, но и повысить достоверность управленческих решений, связанных с жизненным циклом строительного объекта. Данная статья направлена на исследование синергии между ISO 9001 и BIM-технологиями, оценку преимуществ их применения, а также анализ вызовов, возникающих при интеграции данных систем в современных условиях строительного рынка.

Теоретические основы интеграции ISO и BIM

Стандарт ISO 9001:2015 является международным стандартом, устанавливающим требования к системе управления качеством организации. В строительной отрасли применение этого стандарта позволяет систематизировать процессы проектирования, строительства и эксплуатации объектов, обеспечить контроль качества на всех этапах реализации проекта и постоянно совершенствовать систему менеджмента. Внедрение ISO 9001 способствует формированию культуры ответственности и постоянного улучшения, что является ключевым для повышения конкурентоспособности компаний на строительном рынке. основополагающие принципы данного стандарта фокусируются на ориентации на потребителя, лидерстве руководства, вовлечении персонала и процессном подходе к управлению.

Методология BIM как технологическая платформа

BIM-технологии представляют собой цифровую модель объекта, которая охватывает все аспекты его жизненного цикла – от проектирования до эксплуатации и ремонта. Использование BIM позволяет объединить усилия всех участников проекта, обеспечить прозрачность и точность обмена информацией, минимизировать ошибки и снизить затраты, связанные с переделками и корректировками. Благодаря интеграции информации об объектах, материалах, инженерных сетях и технологических процессах, BIM становится фундаментальной основой для цифрового строительства, отвечающего современным требованиям отрасли. Применение BIM позволяет достичь нового уровня координации между

различными специалистами и подрядчиками, что особенно важно для сложных инфраструктурных проектов.

Преимущества интеграции ISO и BIM

1. Повышение точности и прозрачности процессов

Совмещение подходов ISO 9001 и BIM-технологий позволяет создавать единую информационную среду, где стандарты качества закрепляются на всех этапах реализации проекта. Благодаря BIM каждая деталь модели может быть проанализирована и проверена на соответствие требованиям ISO, что существенно снижает риск появления дефектов. Точность цифровых моделей обеспечивает визуальный контроль и позволяет участникам проекта вовремя корректировать отклонения от утвержденных стандартов качества строительства. Это особенно важно при возведении технически сложных объектов, где стоимость ошибки может быть критически высокой.

2. Оптимизация документооборота и коммуникаций

В традиционных схемах управления качеством документация часто оформляется в бумажном виде и передается через цепочку ручных процессов, что увеличивает вероятность ошибок. Внедрение BIM-технологий в систему менеджмента качества позволяет автоматизировать и унифицировать процесс обмена информацией, сократить время на согласование рабочих документов и устранить человеческий фактор при обработке данных. Таким образом, информационные потоки становятся более прозрачными и надежными, что соответствует принципам ISO о необходимости принятия решений на основе достоверных данных. Цифровизация документооборота также способствует экологичности строительного процесса за счет сокращения использования бумаги.

3. Сокращение затрат и повышение эффективности

Использование BIM в сочетании с требованиями ISO способствует раннему выявлению потенциальных проблем в проектировании и строительстве. Прогнозирование и моделирование различных сценариев позволяют заранее выявлять узкие места, снижая вероятность возникновения дорогостоящих ошибок в процессе строительства. Эта превентивная мера значительно сокращает затраты на устранение дефектов, повышает общую эффективность работы команды и способствует оптимизации использования ресурсов в соответствии с принципами стандартов ISO по постоянному улучшению деятельности. Исследования показывают, что интеграция ISO и BIM может снизить затраты на строительство до 20% и сократить сроки реализации проекта на 15-30%.

Научно-технические вызовы и проблемы интеграции

1. Технические и организационные сложности

Одной из главных проблем внедрения комплексной системы, основанной на интеграции ISO и BIM, является необходимость адаптации существующих процессов. Для успешной реализации требуется пересмотр

организационных структур, внедрение новых программных решений и проведение специализированного обучения персонала. Для малого и среднего бизнеса подобные изменения могут потребовать значительных инвестиций и временных ресурсов, что замедляет процесс интеграции и создает барьеры для внедрения передовых практик. Кроме того, существует проблема психологического сопротивления персонала изменениям, что требует особого внимания со стороны руководства.

2. Проблемы стандартизации данных и цифровой безопасности

Несмотря на все преимущества, реализация BIM-процессов на практике сталкивается с проблемой стандартизации данных и обеспечения их безопасности. Различия в форматах, используемых программных продуктах и уровнях детализации могут затруднить единообразное применение стандартов ISO. Кроме того, с расширением цифровой составляющей управления качеством возрастает риск кибератак и утечек данных, что требует дополнительных мер по защите информационной инфраструктуры. Эта проблема особенно актуальна для критически важных объектов инфраструктуры, где вопросы безопасности имеют первостепенное значение.

Интеграция стандартов ISO 9001 и BIM-технологий повышает качество и эффективность управления строительными проектами, обеспечивая прозрачность процессов и своевременное выявление ошибок.

Несмотря на технические и организационные вызовы, преимущества интеграции очевидны. Будущее менеджмента качества в строительстве зависит от адаптивности технологий, а комплексный подход способствует формированию конкурентоспособных моделей управления в современных рыночных условиях.

Список использованной литературы

1. ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Международная организация по стандартизации, 2015.
2. Кузнецов, В. И. Системы менеджмента качества в строительстве. Москва: Стройиздат, 2017.
3. Бочаров, Н. А. Интеграция BIM-технологий в менеджмент качества строительства. Санкт-Петербург: Питер, 2018.
4. Зубов, Ю. В. Цифровые технологии и менеджмент качества в строительстве. Москва: Эксмо, 2019.
5. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley, 2018.

КӨТЕРГІШ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ САЛУДАҒЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

Көтергіш құрылымдарды салу кезінде олардың геометриялық параметрлерін дәл сақтау құрылымдардың қауіпсіз әрі тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін аса маңызды. Геодезиялық сүйемелдеу – құрылыс барысындағы барлық кезеңдерде элементтердің кеңістіктік орналасуын дәл бақылаудың негізгі құралы. Мысалы, нормативке сәйкес, мұнаралы крандардың тік ауытқуы жалпы биіктігінің 1:1000 мөлшерінен аспауы тиіс, бұл 50 метрлік құрылым үшін бар болғаны 5 см.

Құрастырудағы дәл еместіктер құрылымның орнықтылығына теріс әсер етуі мүмкін және деформациялар мен апаттық жағдайларға әкелуі ықтимал. Сонымен қатар, еліміздің климаттық ерекшеліктері мен жер бедерінің күрделілігі де өлшеу дәлдігіне тікелей әсер етеді.

Құрылыс басталар алдында жоспарлы және биіктік негізі құрылады. Бұл негіз құрылыс нысандарының кеңістіктік параметрлерін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Қазақстандық стандарттар бойынша координаталарды анықтау дәлдігі ± 3 мм, ал биіктік үшін ± 2 мм болуы қажет.

Мұндай дәлдікке жету үшін GNSS-қабылдағыштар (Real Time Kinematic режимінде ± 5 мм + 1 ppm дәлдікпен) және бұрыштық дәлдігі 1"–2" болатын тахеометрлер пайдаланылады. Қалалық жағдайларда геодезиялық тор нүктелерінің арақашықтығы 100 метрден аспауы тиіс, ал ашық өндірістік аумақтарда 300 метрге дейін рұқсат етіледі. Биіктігі 50 метрден асатын құрылымдар үшін кемінде екі тік репер орнатылуы тиіс.

Құрылыс барысында құрылым осьтерін бөлу және вертикаль бақылау аса жоғары дәлдікті талап етеді. Бұл үшін заманауи тахеометрлер қолданылады. Мысалы, Leica TS16 немесе Trimble S9 тахеометрлері бұрыштарды 0,5" дәлдікпен, арақашықтықтарды 1 мм дейінгі дәлдікпен өлшей алады. СП 70.13330.2012 нормативіне сәйкес, вертикаль элементтер үшін рұқсат етілген ауытқу — әр 10 м биіктікке 10 мм, ал горизонталь элементтер үшін — 30 м ұзындыққа 8 мм.

Биіктік өлшеулер цифрлық нивелирлермен орындалады, олардың қос жүріс дәлдігі 0,3 мм/км-ге дейін жетеді. Бұл құралдардың жоғары дәлдігі құрылымның деформациясыз тұрғызылуына мүмкіндік береді. Өлшеу нәтижелері арнайы журналдарға тіркеліп, орындаушылық геодезиялық құжаттамаларда сақталады.

Құрылыс аяқталғаннан кейін объектінің орнықтылығын тексеру үшін геодезиялық мониторинг жүргізіледі. Бұл мониторинг құрылымның ұзақ

мерзімді пайдалануға жарамдылығын бағалауға көмектеседі. Мониторингтің негізгі әдістері мыналар: прецизионды нивелирлеу (I-класс) - 0,3 мм/км дәлдікпен; инклинометрлер – $\pm 0,005^\circ$ дәлдікпен; лазерлік сканерлеу – 50 метр қашықтықта 2–3мм дәлдікпен. Әдістемесіне сәйкес, динамикалық жүктемелерге ұшырайтын құрылымдар үшін бақылау жиілігі – тәулігіне бір рет, ал тұрақты жағдайда – апта сайын. Тігінен ± 10 мм, көлденеңнен ± 15 мм асатын ауытқулар шекті мәндер деп саналады.

Қазіргі таңда геодезиялық сүйемелдеуде BIM (Building Information Modeling) жүйелері жиі қолданылады. Бұл жүйелер нақты өлшеу деректерін 3D-жобалармен байланыстырып, құрылыс барысын оңтайландырады. Сонымен қатар, дрондар арқылы 50 м биіктіктен 2 см/пиксель дәлдікпен фотограмметриялық бақылау жүргізіледі.

Trimble Connect сияқты бұлтты платформалар геодезиялық деректерді нақты уақытта бөлісуге мүмкіндік береді. Соңғы жылдары робототехникалық тахеометрлер мен жасанды интеллект негізінде автоматты бақылау жүйелері енгізілуде. Цифрлық технологияларды қолдану монтаж қателіктерін 20–30%-ға, ал деректерді өңдеу уақытын 50–60%-ға дейін қысқартады.

Көтергіш құрылымдарды тұрғызудағы геодезиялық қамтамасыз ету - бұл құрылымның дәлдігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін күрделі әрі жоғары технологиялы процесс.

Қазіргі заманғы құралдар мен цифрлық шешімдер құрылыс сапасын едәуір арттырады, техногендік қауіптердің алдын алады. Геодезиялық сүйемелдеу мамандары құрылыс барысындағы басты жауапты тұлғалардың бірі болып табылады.

Сонымен қатар, геодезиялық сүйемелдеудің сапасы тек техникалық құралдар мен технологияларға ғана емес, сонымен қатар білікті кадрлардың болуына да тәуелді. Қазіргі таңда Қазақстанда геодезист мамандарға сұраныс артып келеді. «Еңбек» мемлекеттік бағдарламасы аясында 2023 жылы құрылыс саласында геодезист мамандығына деген сұраныс 12% өсті. Бұл салада мамандарға қойылатын талаптар да күшейіп келеді: олар тек дәстүрлі құралдармен ғана емес, сонымен қатар GNSS, UAV (ұшқышсыз аппараттар), 3D сканерлеу, цифрлық модельдеу сияқты инновациялық жүйелермен де жұмыс істей алуы тиіс.

Халықаралық тәжірибеге сүйенсек, дамыған елдерде (Германия, Жапония, Оңтүстік Корея) құрылыс нысандарында геодезиялық бақылау үзіліссіз автоматтандырылған жүйелермен жүргізіледі. Мысалы, Германияда 2022 жылы биік ғимараттар құрылысына қатысатын барлық компанияларда міндетті түрде лазерлік сканерлеу мен BIM-интеграциясы талап етіледі. Бұл тәжірибе Қазақстанда да кезең-кезеңмен енгізілуі қажет, себебі ол құрылыс процесінің ашықтығын, деректердің нақтылығын арттырады және адам факторынан туындайтын қателіктерді азайтады.

Геодезиялық сүйемелдеудің болашағы цифрландырумен, жасанды интеллектпен және геоақпараттық жүйелермен тығыз байланысты. Smart Construction, Smart Site сияқты ұғымдар тек сөз жүзінде емес, нақты өндірістік процестерге енуде.

Осы бағытта Қазақстанда 2024 жылдан бастап цифрлық кадастр және ғимараттардың үшөлшемді моделін құру жобасы қолға алынды [9]. Бұл жобалар болашақта құрылыс алаңындағы барлық геодезиялық ақпараттың орталықтандырылған цифрлық базада сақталуына және өңделуіне жол ашады.

Жалпы алғанда, көтергіш құрылымдарды салуда геодезиялық қамтамасыз ету – бұл тек техникалық өлшеу ғана емес, ол – құрылым қауіпсіздігінің, ұзақ мерзімді пайдалану сенімділігінің, жобалық шешімдердің жүзеге асырылу дәлдігінің кепілі. Сондықтан бұл бағытта тек технологиялық жаңғырту ғана емес, нормативтік құжаттарды жетілдіру, кадрларды даярлау, шетелдік тәжірибені енгізу жұмыстары жүйелі түрде жүзеге асырылуы тиіс.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. ГОСТ 22268-76. Геодезиялық желілер. — М.: Изд-во стандартов, 1980.
2. СП 70.13330.2012. Құрылымдар. — М.: Минрегион, 2012.
3. ВНИИГеосистем. Өндірістік объектілерде геодезиялық бақылау бойынша әдістемелік ұсыныстар. — М., 2020.
4. Сидоров В.Ю. Ғимараттар мен құрылыстардағы деформацияларды бақылаудың заманауи әдістері. — М.: МГСУ, 2018.
5. Ткаченко С.А., Лавров А.А. Құрылыс өндірісіндегі геодезиялық қамтамасыз ету. — СПб.: Лань, 2021.
6. Балашов А.В. Құрылыс геодезиясы. — М.: Академия, 2022.

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРТОТРОПНЫХ ТРЕУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Современное проектирование требует высокой точности при моделировании тонкостенных конструкций сложной формы и с анизотропными свойствами. Ортотропные треугольные пластины, широко используемые в авиа-, судостроении и машиностроении, представляют собой один из таких примеров. В данной работе проводится численный модальный анализ таких пластин — определение их собственных частот и форм колебаний.

Особенность ортотропных пластин — различие упругих свойств по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Это, в сочетании с треугольной формой, усложняет аналитическое решение, поэтому используется метод конечных разностей (МКР) с треугольной сеткой, хорошо аппроксимирующей геометрию.

Цель исследования — разработка модели для расчёта спектра собственных частот и форм колебаний при различных типах закрепления кромок (свободное и жёсткое). В качестве примера анализируется равносторонняя ортотропная треугольная пластина.

На базе уравнений изгиба построены конечно-разностные уравнения с учётом ортотропных коэффициентов. Метод позволяет учитывать влияние граничных условий за счёт специальной методики исключения законтурных узлов.

Расчёты показали, что частоты сильно зависят от условий закрепления: при жёстком опирании основной тон и первый обертон значительно выше. Формы колебаний остаются схожими по структуре, но отличаются по амплитуде. При основной частоте возникает одна полуволна, при первом обертоне — две разнонаправленные.

Анализ проводился в упрощённой форме при малом числе узлов ($N=4$), и полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными. В дальнейшем применение более плотных сеток и автоматизации повысит точность.

Предложенный подход доказал свою эффективность и может применяться при проектировании ортотропных конструкций, включая многослойные и композитные материалы, подверженные вибрации. Методика универсальна и адаптируема к различным формам и граничным условиям.

Методология

Из-за сложности геометрии (косые кромки) применение аналитических методов затруднено. Поэтому используется метод конечных разностей (МКР) с треугольной сеткой, аппроксимирующей форму пластины.

Геометрия пластины:

Основание – a ; углы кромок – α, β ; толщина – h .

Упругие характеристики ортотропного материала:

$$D_x = \frac{E_1 h^3}{12(1-\nu_{12}\nu_{21})}, D_y = \frac{E_2 h^3}{12(1-\nu_{12}\nu_{21})}, D_{xy} = \frac{G h^3}{12}$$

где:

E_1, E_2 – модули упругости по осям x, y ; $\nu_{12}\nu_{21}$ – коэффициенты Пуассона

G – модуль сдвига

Основные уравнения. Исходное дифференциальное уравнение:

$$D_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2D_{xy} \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \rho h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2}$$

Принимаем для формы колебаний:

$$W(x, y, t) = W(x, y) \cdot \sin(\omega t)$$

а после подстановки имеем:

$$D_x \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2D_{xy} \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \rho h \omega^2 W$$

Численная реализация. Частотный параметр:

$$\omega^2 = \frac{\lambda_i^2 D}{\rho h}$$

Для конечно-разностной аппроксимации исходного уравнения (при шагах h_x, h_y) и учета граничных условий разработаны специальные схемы [3].

Граничные условия (на кромках пластин):

- свободное опирание: прогиб и момент равны нулю;
- жесткое опирание: прогиб и угловое перемещение равны нулю.

Пример расчета

Для ортотропной равносторонней пластины:

$$\alpha = \beta = 60^\circ; E_1 = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}, E_2 = 1 \cdot 10^{10} \text{ Па}; h = 0.01 \text{ м}; \rho = 7800 \text{ кг/м}^3; \nu_{12} = 0.25$$

Система уравнений (в матричной форме):

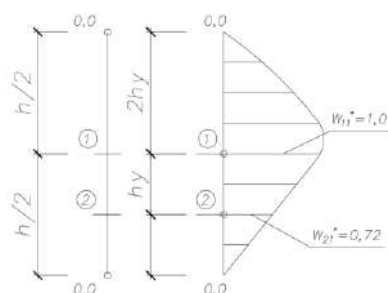
$$[K] \cdot \{W\} = \lambda^2 \cdot [M] \cdot \{W\}$$

Решение СЛАУ позволяет найти собственные частоты и формы.

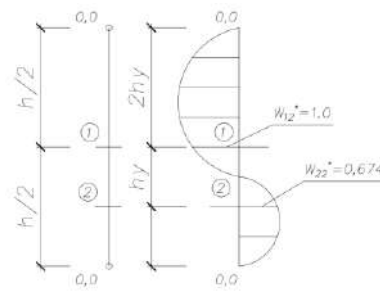
Результаты. Частоты колебаний:

Условие	$\omega_1 (\text{рад/с})$	$\omega_2 (\text{рад/с})$
Свободное опирание	8.4922	13.126
Жесткое опирание	10.175	15.246

а) 1-я главная форма колебаний



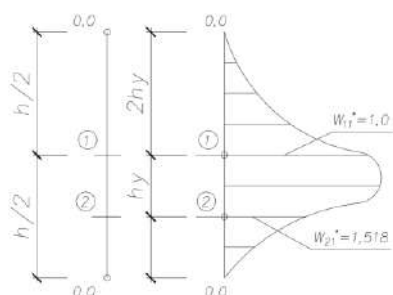
б) 2-я главная форма колебаний



Примечание: h - высота треугольника

Рисунок 1. Главные формы собственных колебаний треугольной пластины
(свободное колебание кромок)

а) 1-е главная форма колебаний



б) 2-е главная форма колебаний

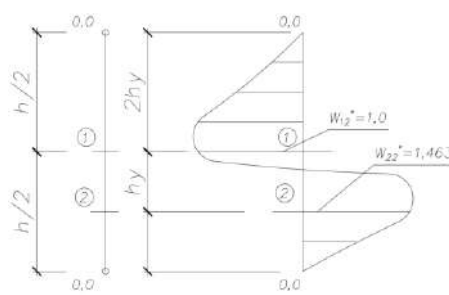


Рисунок 2 – Главные формы собственных колебаний равносортной
ортотропной треугольной пластины, жестко опертой по контуру
(жесткое колебание кромок)

Выводы

- частоты для пластин с жестким опиранием кромок выше, чем при свободном их опирании;
- формы колебаний зависят от геометрии пластины и граничных условий, коэффициентов ортотропии материала;
- МКР с треугольной сеткой позволяет оптимально учитывать сложную геометрию.

Результаты метода хорошо сопоставим с литературными и экспериментальными данными [4].

Список использованных источников:

1. Киселев В.А. Строительная механика: спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Стройиздат, 1980. – 616с.
2. Варвак П.М., Варвак Л.П. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1977. – 154с.
3. Ахмедиев С.К. Расчеты треугольных пластин. – Караганда: КарГТУ, 2006. – 86с.
4. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. – Киев: Будівельник, 1973. – 488с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРТОТРОПИИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ТРЕУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Объектом исследования является пластины сложного геометрического очертания в форме неправильного треугольника с разными углами при их вершинах. Подобные конструктивные элементы находят достаточно широкое применение в строительстве, транспорте, машиностроении, энергетике, авиа- и судостроении. Исследование их напряженно-деформированного состояния (НДС) представляет достаточно сложную техническую задачу из-за сложности удовлетворения граничных условий при наличии косых кромок.

Рассмотрим плоское напряженное состояние треугольных ортотропных пластин при всестороннем сжатии их равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью «q» (рис. 1); в общем случае принято, что $\alpha \neq \beta$ [1,2].

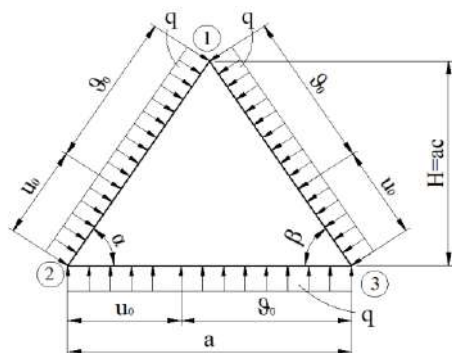


Рисунок 1. Расчетная схема пластины

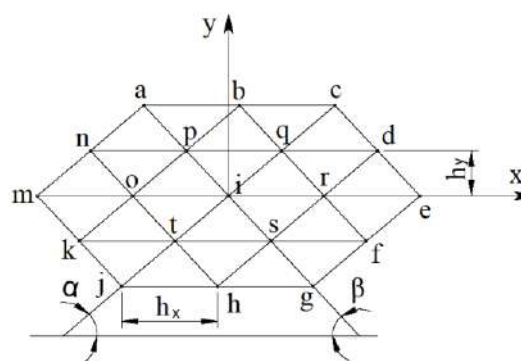


Рисунок 2. Фрагмент сетки из разносторонних треугольников

Исходное дифференциальное уравнение четвертого порядка с переменными коэффициентами имеет вид [1]:

$$\frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + \alpha_0 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta_0 \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0, \quad (1)$$

где D_i – параметры жесткости, зависящие от механических характеристик материала в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях.

Напряжения в срединной плоскости пластин выражены через функцию напряжений «F» следующим образом:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \quad (2)$$

Граничные условия по кромкам пластины (рис.3) записывается также в конечных разностях в форме рамной аналогии (с учетом ортотропии материала) [1,4]:

а) левая кромка

б) правая кромка

с) кромка по основанию треугольника

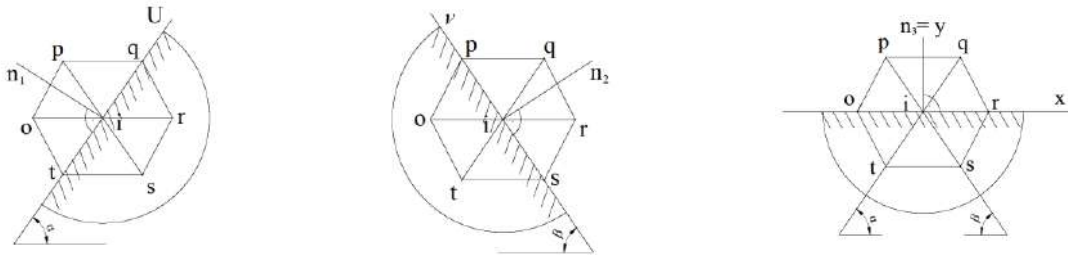


Рисунок 3. К записи граничных условий

Для оценки достоверности полученных авторами результатов, подтверждающих вышеизложенные теоретические положения, выполнен альтернативный расчет равносторонней ортотропной треугольной пластины при тех же исходных данных; при этом получены картина и значения напряжений плоского напряженного состояния достаточно близкие.

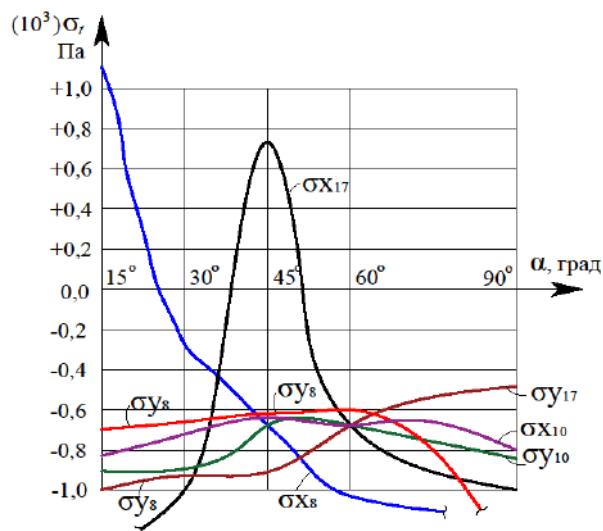


Рисунок 5. Зависимость напряжений (σ_{xi} , σ_{yi}) от значения угла α ($\beta=60^\circ=\text{const}$)

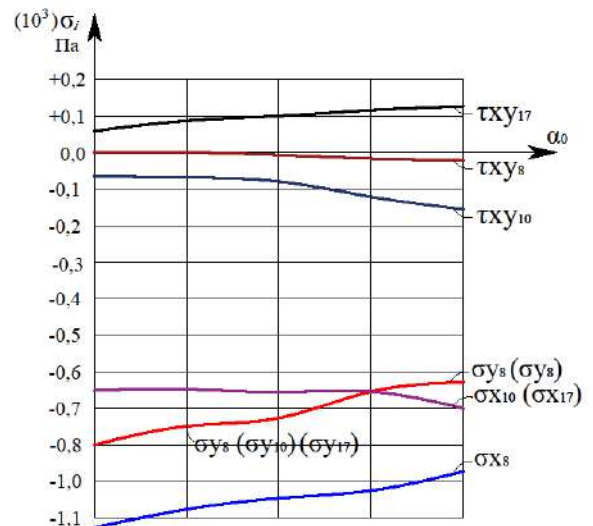


Рисунок 6. Зависимость напряжений (σ_{xi} , σ_{yi}) от коэффициентов ортотропии α_0 ($\beta_0=2,0=\text{const}$)

Влияние коэффициентов ортотропии на значения напряжений σ_{x_i} , σ_{y_i} оказалось незначительное.

Приведенные теоретические положения и численные результаты плоского напряженного состояния ортотропных треугольных пластин могут служить основой для последующего исследования проблем устойчивости ортотропных треугольных пластин в условиях неоднородного напряженного состояния.

Алгоритм расчета плоского-напряженного состояния ортотропных треугольных пластин, предложенный авторами настоящей работы, найдет широкое применение как в исследовательских задачах механики деформируемого твердого тела, так и при практическом проектировании тонкостенных конструкций, применяемых в качестве несущих элементов различных зданий, инженерных сооружений, механизмов и машин.

Выводы и заключения

1. По известной процедуре «МКР» получены разрешающие конечно-разностные уравнения учитывающие геометрию пластины (угла α и β), ортотропные свойства материалов (коэффициенты α_0 и β_0), нагружение в срединной плоскости - в виде распределенной на части кромок пластины [параметры u_0 , v_0 (рис.1)].

2. Показана запись краевых условий на основе мнгой аналогии для сетки из разносторонних треугольников на основе идеи парного исключения функций напряжений в контурных и законтурных узлах сетки; здесь же приведены типовые конечно-разностные уравнения вблизи кромок и у вершин треугольной пластины, позволяющая решать задачи плоского напряженного состояния при произвольных значениях углов «косины» (α и β) боковых кромок пластины.

3. Получены конечно-разностные уравнения напряжений (σ_x , σ_y , τ_{xy}) в срединной плоскости для сетки из разносторонних треугольников (в том числе и в узлах, расположенных на кромках пластин)

4. Авторами статьи разработана специальная программа расчета плоского напряженного состояния (при «густоте» сетки $N=8$) с высотой степенью автоматизации для вычисления всех видов напряжений в срединной плоскости.

Список использованных источников

1. Варвак П.М., Варвак Л.П. Метод сеток в расчетах строительных конструкций.-М.: Стройиздат 1977-154С.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов .-М.: Наука (физматгиз), 1986-512С
3. Справочник проектировщика промышленных и общественных зданий. Расчетно-теоретический, кн.2; Под ред. А.А.Уманского- М.: Стройиздат, 1972. – С
4. Ахмедиев С.К. Расчеты треугольных пластин – Караганда: КарГТУ, 2006.-88С.

КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ОЦЕНКОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ

В данном докладе рассмотрена методика комплексного научно-технического мониторинга строительных объектов, реализуемая Институтом КазМИРР на основе интеграции неразрушающих методов диагностики, геодезии, автоматизированных систем и вероятностно-статистического анализа. Детально рассмотрена опытная апробация волоконно-оптических датчиков, позволивших с высокой точностью оценить напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций при нагружении. Расчёты вероятностной надёжности показали высокую эффективность методики для прогноза сроков эксплуатации и принятия решений о ремонте.

В условиях активного роста инфраструктурного строительства в Республике Казахстан наблюдается значительное увеличение количества технически сложных объектов. Объекты с уникальными архитектурными и инженерными решениями требуют постоянного контроля технического состояния, особенно в сейсмоопасных зонах, в условиях высоких эксплуатационных нагрузок и климатических воздействий. Одним из приоритетных направлений становится внедрение интеллектуальных систем мониторинга, обеспечивающих непрерывную и точную оценку состояния конструкций.

Разработанная специалистами КазМИРР методика предусматривает:

- визуальное и инструментальное обследование;
- геодезические измерения (нивелирование, тахеометрия);
- установку осадочных марок;
- применение волоконно-оптических датчиков (ВОД);
- акустико-эмиссионный контроль;
- интеграцию с программно-аппаратными комплексами (ПАК);
- построение моделей на основе цепей Маркова и вероятностных распределений.

ВОД устанавливаются на железобетонные элементы и подключаются через оптические коннекторы к фотоприемным устройствам. При изменении деформаций фиксируются изменения интенсивности отраженного сигнала. Такие параметры, как напряжения, вибрации, температура и осадки, обрабатываются в режиме реального времени.

Для примера, в рамках реконструкции Дворца Независимости в г. Астана, волоконно-оптический кабель был установлен в тело суперколонн

после увеличения их сечений. По результатам демонтажа элементов перекрытия, датчики зафиксировали изменения, свидетельствующие о перераспределении напряжений и необходимости дополнительных мероприятий по усилению. На основе обследования 224 плит покрытия фильтровально-сушильного отделения (г. Жезказган), проведенного после 53 лет эксплуатации, выявлено:

- 158 плит — работоспособные,
- 18 — ограниченно работоспособные,
- 48 — предаварийные.

Сформирован вектор начальных вероятностей: {0,705; 0,080; 0,215}. Построена матрица переходов, учитывающая возможный ремонт: $P = [[0,898, 0,102, 0], [0,101, 0,655, 0,244], [0,224, 0,0, 0,776]]$

По модели Марковских цепей определено:

- средняя наработка до первого отказа: $T_{ср} = 15,87$ лет,
- ресурс системы без ремонта: 19,3 года,
- В.Б.Р. на 10, 20, 30 лет: 87,6%, 75,2%, 62,8% соответственно.

При отсутствии ремонта плиты перейдут в предаварийное состояние с вероятностью 100% через 50 лет. При этом при параллельной структуре соединения плит (система из неравнонадежных элементов) вероятность безотказной работы всей системы составляет ~78,7%.

Используемое оборудование:

- ПАК контроля «AMS HT» (совместная разработка с Earth System);
- фотоприемники с оптическими интерфейсами;
- специализированное ПО для визуализации и анализа;
- спектрометры PMI-MASTER Smart для анализа состава металлов;
- геодезические инструменты: тахеометры, нивелиры.

Методика успешно применена на более чем 2000 объектах в Казахстане, включая высотные здания, спортивные сооружения, мосты и объекты энергетики. Она позволяет не только диагностировать текущие отклонения, но и прогнозировать развитие дефектов. Это снижает аварийность, оптимизирует затраты на ремонт, и позволяет обеспечить нормативную надёжность. Предложенная система мониторинга показала высокую эффективность при обследовании технически сложных зданий. Волоконно-оптические датчики позволяют точно контролировать напряженно-деформированное состояние конструкций в реальном времени. Использование моделей на основе цепей Маркова делает возможным прогноз эксплуатационного ресурса и принятие обоснованных решений по техническому обслуживанию и ремонту. Методика рекомендована к применению в государственной системе строительного контроля, при проектировании, эксплуатации и реконструкции сооружений, а также в научно-образовательной сфере.

Литература:

1. Порывай Г.А. Предупреждение преждевременного износа зданий. – М.: Стройиздат, 1979.
2. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1994.

СОЗДАНИЕ ОПОРНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Спутниковые системы позиционирования — это современные технологии, основанные на взаимодействии спутников и наземной аппаратуры, позволяющие с высокой точностью определять координаты объектов на земной поверхности. Их использование играет ключевую роль при формировании опорного геодезического обоснования, необходимого для мониторинга и технического контроля состояния железнодорожной инфраструктуры.

Опорное геодезическое обоснование представляет собой совокупность стабильно закреплённых на местности пунктов, координаты которых определены с высокой точностью в заданной системе координат. Эти пункты служат базой для всех последующих геодезических и инженерных измерений. В контексте железнодорожной инфраструктуры такая сеть позволяет эффективно отслеживать пространственное положение элементов пути, в том числе рельсов, шпал, стрелочных переводов, сигнальных устройств и других конструктивных элементов. Благодаря использованию спутниковых технологий возможно не только первичное определение координат, но и регулярный мониторинг состояния путей с целью своевременного выявления возможных деформаций, смещений или иных изменений, способных повлиять на безопасность движения поездов.

На участках железных дорог, где отсутствуют пункты государственной геодезической сети (ГГС) — триангуляции или полигонометрии — или доступ к ним затруднён из-за природных и антропогенных факторов (густая растительность, удалённость, отсутствие проезда), применение ГНСС становится единственным реалистичным вариантом. Особенно актуальным это становится на протяжённых участках железнодорожных магистралей, таких как «Астана–Караганда» длиной 4500 м, где традиционные методы закладки геодезических сетей сопряжены с большими затратами времени, ресурсов и человеческих усилий.

Создание опорного геодезического обоснования с использованием спутниковых технологий включает несколько этапов: подготовительный, полевой и камеральный. На подготовительном этапе осуществляется выбор системы координат (в данном случае — WGS-84), планируется схема размещения пунктов, определяется необходимое количество точек, а также согласовываются условия проведения работ с владельцами инфраструктуры. Плотность сети соответствует требованиям 4 класса

полигонометрии — примерно 1 пункт на квадратный километр или через 700–1000 метров вдоль железнодорожного полотна.

Полевые работы начинаются с рекогносцировки местности, в ходе которой отбираются участки, пригодные для установки геодезических пунктов. Эти места должны обеспечивать широкий обзор небосвода (не менее 15° над горизонтом) для качественного приёма спутниковых сигналов. Установка осуществляется следующим образом: в выбранной точке заглубляется металлическая труба, которая заполняется бетоном; в центре трубы фиксируется металлический штырь с резьбой, на который в дальнейшем накручивается ровер ГНСС-приёмника.

Определение координат пунктов выполняется при помощи ГНСС оборудования South G1 plus. После выполнения всех необходимых настроек ровера, производится непосредственное определение координат опорных геодезических пунктов методом PPP в статическом режиме. Перемещая ровер от пункта к пункту, навинчиваем его на специальный штырь, находящийся в геометрическом центре пункта. Время сеанса наблюдения составляет 6-8 часов. При помощи контроллера и установленного на нём специального ПО производится вычисление, уточнение и запись данных о пространственном положении. После выполнения наблюдений на всех необходимых опорных пунктах проект экспортируется с ГНСС оборудования в компьютер в формате RINEX. Следующий этап проведения работ — камеральная обработка данных. После загрузки данных в ПО необходимо выполнить обработку GNSS данных и трансформацию системы координат, так как полевые измерения производились в системе координат WGS-84, а опорное геодезическое обоснование должно быть в местной системе координат МСК-64. Оба этапа обработки производились в ПО Leica Infinity.

Полученные трансформированные координаты используются для создания опорного геодезического обоснования в ПО AutoCAD и заносятся в специальный каталог координат. На основе импортированных координат создаётся схема с отображением условных обозначений и расположением железнодорожного полотна. Полученный каталог координат выполненной съёмки и схема опорного геодезического обоснования после завершения всех работ передаётся специалистам железнодорожного транспорта.

Преимущества при применении глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в сфере создания опорного геодезического обоснования для нужд железнодорожной инфраструктуры обладает рядом значительных и практически важных преимуществ, определяющих высокую эффективность данной технологии в сравнении с традиционными методами. Прежде всего, следует отметить высокую точность позиционирования, которую обеспечивают современные спутниковые технологии. Благодаря использованию многочастотных приёмников, обработки сигналов с применением сложных моделей поправок

(орбитальные, ионосферные, тропосферные), а также применению методов PPP (Precise Point Positioning), возможно получение координат пунктов с погрешностью в пределах нескольких сантиметров. Эта точность соответствует требованиям, предъявляемым к построению опорных геодезических сетей и обеспечивает надёжную основу для проведения последующих инженерно-геодезических работ. Помимо точности, важным преимуществом является оперативность выполнения измерений. В отличие от традиционных методов, таких как тахеометрическая съёмка или тригонометрическая нивелировка, спутниковые измерения позволяют сократить временные затраты за счёт одновременного наблюдения за несколькими спутниками и отсутствия необходимости в создании видимости между соседними пунктами. Это особенно актуально в сложных условиях местности, на протяжённых и труднодоступных участках железных дорог, где традиционные геодезические измерения сопряжены с большими логистическими трудностями.

Также необходимо выделить снижение трудоёмкости и сопутствующих экономических затрат. Применение ГНСС исключает необходимость привлечения больших геодезических бригад, транспортировки тяжёлого оборудования и выполнения сложных подготовительных работ. Достаточно одного или двух специалистов, оснащённых приёмниками и программным обеспечением, чтобы выполнить всю цепочку от установки пункта до получения координат в нужной системе. Это позволяет существенно сократить себестоимость геодезических работ и повысить экономическую эффективность эксплуатации оборудования.

Отдельного внимания заслуживают современные технологии высокоточного спутникового позиционирования в режиме реального времени — RTK (Real-Time Kinematic) и его модификация PPP-RTK. Эти технологии обеспечивают сантиметровую точность в полевых условиях практически мгновенно, что делает их особенно востребованными в задачах текущего мониторинга состояния железнодорожного полотна. Однако их применение требует наличия развитой инфраструктуры, включающей сеть базовых станций или возможность приёма корректирующих сигналов через системы ФАГС (фазовые автоматические геодезические станции) или платные онлайн-сервисы. В условиях удалённых или слабо развитых районов, где такие станции отсутствуют, применение RTK становится невозможным или экономически нецелесообразным.

Список использованных источников

1. GNSS EXPERT Информационный ресурс по технологиям высокоточного позиционирования с использованием Глобальных Спутниковых Навигационных Систем (ГНСС) [Электронный ресурс] – 2024. – URL: https://gnss-expert.ru/?page_id=268 (дата обращения: 09.04.2025)

2. Шевчук С.О. Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических работ с использованием метода точного точечного позиционирования (Precise Point Positioning). – Новосибирск: ФГУП «СНИИГГуМС», 2015. – URL: <https://con-fig.com/wp-content/uploads/2019/02/Shevchuk13.pdf> (дата обращения 09.04.2025)

ТӨБЕНІ ГИДРООҚШАУЛАУҒА АРНАЛҒАН БИТУМ-ПОЛИМЕРЛІ ОРАМДЫ БАЛҚЫТЫЛҒАН МЕМБРАНАЛАРДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ- МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі төбе жүйелерінің сапасын арттыру, объективті физикалық-механикалық көрсеткіштер негізінде гидрооқшаулағыш материалдарды таңдау процесін оңтайландыру, материалдардың құрылыс нормаларының талаптарына сәйкестігін бағалау.

Зерттеудің мақсаты битум-полимерлі орамды мембрананың физикалық-механикалық сипаттамаларына салыстырмалы талдау жүргізу және оның Қазақстан Республикасының нормативтік құжаттарының қазіргі талаптарына сәйкестігін бағалау, содан кейін төбе жүйелерін салуда осы материалды қолдану бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы нақты битум-полимерлі мембрананың физика-механикалық сипаттамаларының Қазақстан Республикасының құрылыс нормаларының талаптарына сәйкестігін кешенді бағалауда жатыр, бұл материалды төбе жүйелерін орнатудың нақты тәжірибесінде пайдалану үшін негізді ұсынуда.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы құрылыс конструкцияларының сенімділігі мен беріктігін арттыруға көмектесетін құрылыс нормаларының талаптарымен сипаттамаларын салыстыру негізінде төбелерге арналған гидрооқшаулағыш материалдарды таңдау бойынша ұсыныстарды әзірлеуде жатыр.

Төбенің гидрооқшаулағыш материалдарының жұмысына қойылатын негізгі талаптар: температураның өзгеруіне төзімділік, төмен температурада икемділікті сақтау, күн сәулесінің әсерінен жеткілікті ыстыққа төзімділік, суға және механикалық зақымдануға төзімділік. Зерттелетін материалдың сипаттамаларын растау үшін үлгі құрылыс зертханасына жіберілді, онда физикалық-механикалық сынақтар жүргізілді. Зертханалық зерттеулердің нәтижелері бойынша келесі көрсеткіштер кестеде көрсетілген (Кесте 1).

Аязға төзімділік Мембрана нөлден төмен температурада жоғары икемділік көрсетті, -10°C төмен температурада жарықшақсыз иілуге төтеп берді. Бұл көрсеткіш температура -30°C және одан төмен түсуі мүмкін елдің көптеген аймақтарына тән қатал қыс жағдайында материалдың тұтастық пен серпімділікті сақтау қабілетін көрсетеді. Жоғары аязға төзімділік микрожарықтар мен жергілікті зақымдану қаупін азайтып төбе гидрооқшаулағышының қызмет ету мерзімін айтарлықтай ұзартады.

Ыстыққа төзімділік Сыналған мембрана құрылымында және физикалық-механикалық қасиеттерінде көрінетін өзгерістерсіз 100 °С асатын температураға дейін қыздыруға төтеп бере алады. Жазда төбенің беті күн сәулесінің әсерінен айтарлықтай қызуға ұшырайды, бұл ыстыққа төзімді емес материалдардың жұмсартылуы тудыруы мүмкін. Зерттелетін мембрананың белгіленген ыстыққа төзімділігі төбе бетіндегі жұмыс температурасынан айтарлықтай асып түседі, бұл оның беріктігі мен гидрооқшаулағыш қасиеттерінің ыстық маусымда сақталуына кепілдік береді.

Кесте 1

Физико – механикалық қасиеттер

№	Көрсеткіштің атауы	Мағынасы
1	Бойлық/көлденең бағыттағы созылу күші	450/250 Н/5см
2	Бойлық/көлденең бағытта максималды созылу	40 %
3	Шегемен жыртылуына төзімділік	>100 Н
4	Жабысқақ қосылыстың ығысу беріктігі	400/200 Н/5 см
5	Динамикалық шегініске қарсылық	>500 мм
6	Статикалық шегініске қарсылық	>10 кг
7	Сызықтық өлшемдерді бойымен/сызықты өзгерту	<0,5 %
8	Төмен температурада икемділік	<-10 °С
9	Жылуға төзімділік	>100 °С
10	Суға төзімділік 24 сағат ішінде 2 сағат ішінде	>100 кПа >150 кПа
11	Бу өткізгіштікке төзімділік коэффициенті	>20000 μ
12	Термиялық қартаюдан кейінгі ыстыққа төзімділік	>100 °С
13	Химиялық заттардың әсерінен кейін суға төзімді	>100 кПа >150 кПа

Суға төзімділік Жиі жауын-шашын, қар жаууы және кейіннен қардың еруі жағдайында гидроизоляцияның сенімділігі құрылыс конструкцияларын ылғалдың енуінен қорғауды қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Зерттелетін мембрана 100-150 кПа жоғары гидростатикалық қысымға төтеп беретін жоғары суға төзімділікке ие. Сондықтан материал төбені дұрыс жобалау және орнату арқылы ылғалдан сенімді қорғауды қамтамасыз етеді. Зертханалық сынақтар сонымен қатар материалдың статикалық жүктемелерге төзімділігін, сызықтық өлшемдердегі төмен деформацияны (0,5% -дан аз) және бу мен химиялық заттардың әсеріне жоғары төзімділігін көрсетті.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Pyshyev S., Gunka V., Prysiazhnyi Y. Polymer modified bitumen. – 2019.
2. ГОСТ 31899-2012

ИННОВАЦИОННОЕ БЕСКЛИНКЕРНОЕ ВЯЖУЩЕЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ: СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

Последние годы в мировой практике все чаще используется специальные виды цементов. Такие цементы получены на основе отходов промышленности. Применение таких цементов показало широкие возможности по применению по сравнению с обычными цементами.

Актуальность исследований, связанных с получением бесклинкерного вяжущего из техногенных отходов промышленности, заключается в производстве совершенно нового вяжущего вещества, не уступающего по своим свойствам клинкерного цемента [1]. Использование бесклинкерного вяжущего позволит снизить себестоимость бетона, улучшить его эксплуатационные свойства, а также улучшить экологическую обстановку в регионе. При этом следует учитывать, что рациональный способ вторичного использования отходов зависит от: вещественного состава, агрегатного состояния, количества компонентов, технологических особенностей и т.п. [2].

С целью получения бесклинкерного вяжущего из отходов промышленности были использованы следующие сырьевые материалы: гранулированный доменный шлак, известь, строительный гипс, кремнезем (микро- и нано- уровня), суперпластификатор. Гранулированный доменный шлак брали с завода ТОО «Qarmet» расположенного в городе Темиртау.

Авторами проводились эксперименты по установлению кинетики схватывания и твердения бесклинкерного вяжущего. Полученные результаты представлены на рисунке 1 и 2.

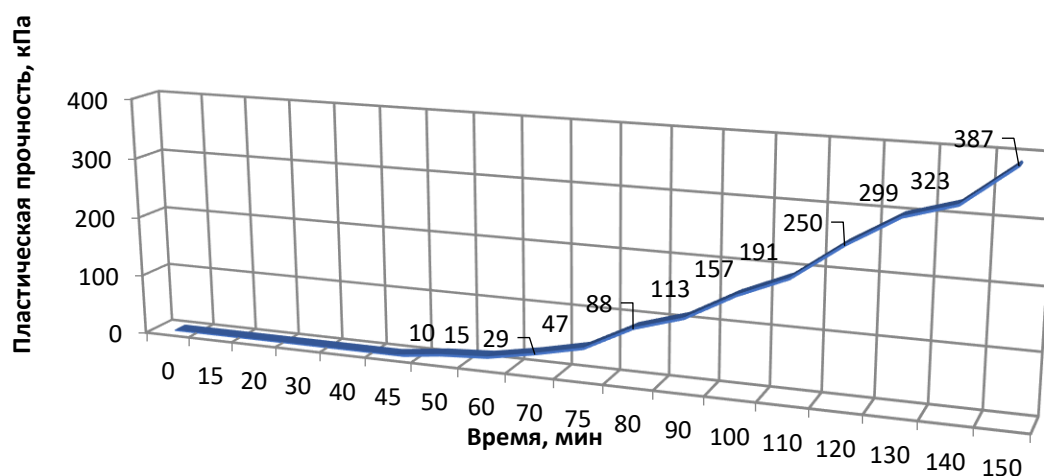


Рисунок 1 - Кинетика схватывания бесклинкерного вяжущего

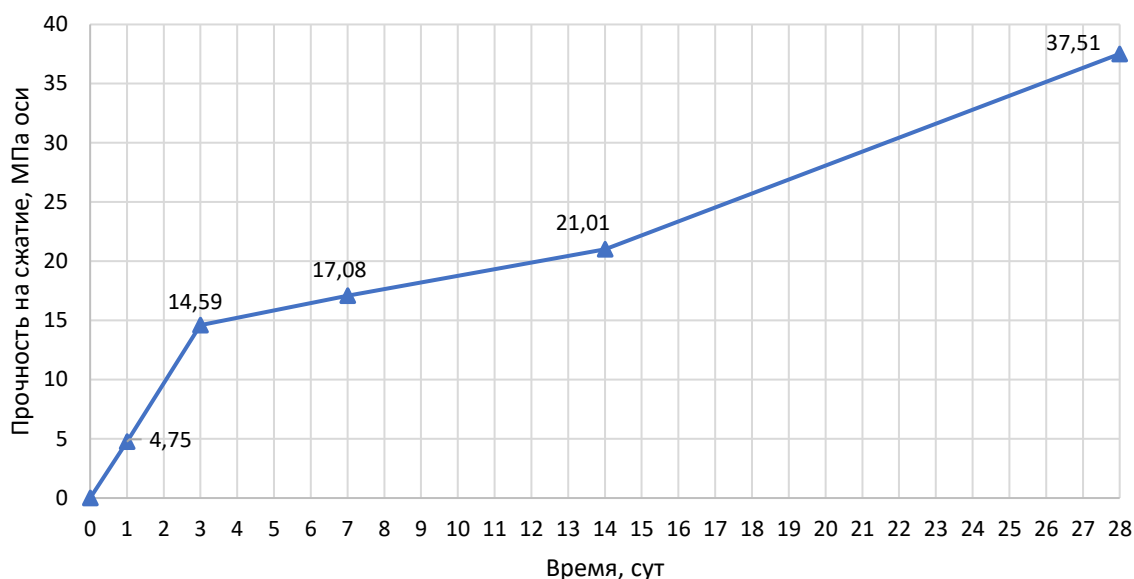


Рисунок 2 – График зависимости прочности бесклнкерного вяжущего от времени твердения

Резкое нарастание прочности в период от 1 до 3 суток связано с повышенным содержанием химических свободных молекул воды. Свободная вода вступает в реакции с последующим получением $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 0.35\text{H}_2\text{O}$, $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$, что приводит к заметному увеличению прочности [3]. Резкое увеличение прочности в возрасте с 14 до 28 суток становится возможным при образовании тоберморита и этрингита.

Рентгенограмма показала размытые, малоинтенсивные пики, которые расплываются в гало (рисунок 3). Это может быть обусловлено большим содержанием аморфной фазы в составе шлака. Однако, на рентгенограмме можно выделить несколько пиков, которым соответствуют фазы мервинита $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$, окераманита $2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ и меллита $8\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{MgO}\cdot 5\text{SiO}_2$.

Бесклнкерное вяжущее, состоящее из совместно измельченных гранулированного доменного шлака, гипса, извести, микрокремнезема и суперпластификатора, является гидравлически вяжущим веществом. Способность системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--MgO}$ к гидравлическому твердению устанавливали по кинетике связывания щелочных компонентов в труднорастворимые гидратные соединения [4]. В результате проведенных исследований было отмечено, что наиболее активно связывание щелочных компонентов в нерастворимые соединения происходит в ранние сроки твердения, причем применение тепловлажностной обработки ускоряет этот процесс по сравнению с твердением на воздухе.

Процесс гидратации начинается с образования следующих соединений: анортита, геленита, метасиликат кальция, гексогональный восьмиводный гидроалюминат кальция, кубически шистиводный гидроалюминат

кальция, гидрогранаты, гидрат джвухкальциевого силиката (или гиообрандит), гидрат CS, тоберморит.

В первые сутки от начала твердения в исследуемой системе присутствует фаза высокоосновного гидросиликата кальция $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 0.35\text{H}_2\text{O}$, которая к третьим суткам от начала твердения переходит в фазу $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ [3]. Небольшое количество фазы портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ также присутствует в исследуемой системе в первые сутки твердения. Однако, содержание данной фазы постепенно снижается в процессе гидратации бесклинкерного вяжущего и она совсем исчезает к двадцать восьмым суткам, что, по-видимому, связано с её участием в образовании фаз тоберморита и этtringита.

К седьмым суткам от начала твердения в системе появляется высокоосновный гидросиликат кальция – $(\text{CaO})_x\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$, а к двадцать восьмым суткам от начала твердения – фазы тоберморита $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ и этtringита $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$, которые наряду с фазами высокоосновного гидросиликата кальция и низкоосновного гидроалюмината кальция обеспечивают прочностные характеристики бесклинкерного вяжущего.

На четырнадцатые и двадцать восьмые сутки от начала твердения в исследуемой системе фиксируется фаза кальцита CaCO_3 .

Стоит отметить, что в исследуемой системе на протяжении всего времени твердения присутствуют остаточные фазы окерманита $2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$, меллита $8\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{MgO}\cdot 5\text{SiO}_2$ и гипса $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, которые являются основными фазами бесклинкерного вяжущего. Количество данных фаз с течением времени уменьшается, и они полностью исчезают к двадцать восьмым суткам от начала твердения.

Полученные результаты согласуются с ранее проведенными исследованиями [5], в которых отмечается, что на ранней стадии твердения зерна шлака выполняют роль центров кристаллизации, на которых формируются призматические гидросульфоалюминатные и гидроалюминатные фазы.

Список использованных источников

1. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего. Архитектура. Строительство. Образование. Изд-во: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. №2. 2013. с. 202-210.
2. Janowska-Renkas, Kowalska, J. Use of fly ash from fluidized bed boilers in clinker-slag-ash based binders. MATEC Web of Conferences. Volume 174, 26 June 2018, DOI 10.1051/mateconf/201817402002.
3. Славчева Г.С., Байджанов Д.О., Хан М.А., Шведова М.А., Иманов Е.К. Бесклинкерное шлако-кремнеземистое вяжущее: параметры структурообразования и кинетика твердения // Инженерно-строительный журнал. 2019. № 8(92). С. 96–105. DOI: 10.18720/MCE.92.8
4. Fediuk R.S., Lesovik V.S., Liseitsev Y.L., Timokhin R.A., Bituyev A.V., Zaiakhanov M.Y., Mochalov A.V. Composite binders for concretes with improved shock resistance. Magazine of Civil Engineering. Volume 85, Issue 1, 2019, Pages 28-38. DOI: 10.18720/MCE.85.3.
5. Slavcheva, G.S., Artamonova, O.V., Shvedova, M.A., Khan, M.A. Clinkerless slag-silica binder: hydration process and hardening kinetics (part 2). Magazine of Civil Engineering. 2020. 97(5). Article No. 9712. DOI: 10.18720/MCE.97.12

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ БЕТОНОВ ВАРИАТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ СТЕНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Современное строительство предъявляет всё более высокие требования к ограждающим конструкциям зданий. Эти конструкции должны обеспечивать не только надежность, прочность и долговечность, но и соответствовать современным стандартам энергоэффективности, устойчивого развития и экологической безопасности. Одной из актуальных задач строительной отрасли является поиск новых решений, направленных на повышение теплоизоляционных свойств строительных материалов без ущерба для их прочностных характеристик.

Традиционные бетонные материалы, несмотря на их проверенную временем прочность, не всегда способны эффективно решать задачу сокращения теплопотерь при эксплуатации зданий, особенно в климатических условиях с резкими температурными перепадами и высокой цикличностью нагрузок. Проблема увеличивается при необходимости сохранить компактность конструкций, снизить их массу и одновременно обеспечить высокие эксплуатационные качества. Всё это стимулирует развитие новых материалов, способных совмещать механическую прочность, теплоизоляционные свойства и устойчивость к внешним воздействиям. Одним из перспективных направлений решения этих задач является разработка бетонов вариатропной структуры - материалов, обладающих изменяющимися по сечению характеристиками плотности, прочности и теплоизоляции. Такая структура позволяет создавать изделия с градиентным распределением свойств, обеспечивая плавный переход между слоями различной плотности. Это снижает вероятность образования локальных напряжений, предотвращает растрескивание материала и способствует увеличению долговечности конструкций.

Технология формирования вариатропной структуры предполагает создание композитных материалов, в которых изменение характеристик происходит по толщине изделия. Такой подход позволяет совместить в одном материале функции несущей способности и теплоизоляции, что особенно актуально для производства стеновых элементов, панелей, блоков и других ограждающих конструкций. Применение вариатропной структуры способствует не только повышению эксплуатационных характеристик, но и позволяет более рационально использовать материалы, снижая их удельную массу и расход сырья.

Одним из эффективных методов реализации вариатропной структуры является технология послойной заливки ячеистобетонной смеси с применением съемных перегородок, предложенная Шорстовым Р.А., Сулеймановой Л.А. и Кара К.А. [1]. Эта методика позволяет формировать последовательное изменение плотности материала от периферийных слоев к центру, обеспечивая монолитность изделия, отсутствие межслойных швов и воздушных полостей. Такая технология способствует улучшению прочностных характеристик конструкции и снижает вероятность образования дефектов при эксплуатации.

Пак А.А. и Сухорукова Р.Н. [2] предложили модифицированную технологию производства двухслойных панелей с использованием пенополистирольного наполнителя, интегрированного в структуру газобетона. Данное решение позволило повысить теплоизоляционные свойства материала без ухудшения его механических характеристик. Чернильник А.А. и соавторы [3] исследовали возможность создания вариатропной структуры в центрифугированных бетонах за счет регулирования скорости вращения барабана и послойного введения компонентов с разной крупностью. Такой метод позволяет управлять распределением плотности и прочности материала по высоте изделия, обеспечивая направленное формирование структуры.

В настоящей работе предлагается инновационный подход, заключающийся в создании четырёхслойных бетонов вариатропной структуры, включающих внешний прочный слой, два внутренних теплоизоляционных слоя и центральный слой с оптимизированной плотностью. Такая конструкция позволяет достичь плавного изменения плотности и прочности материала по сечению, обеспечивая целостность и надёжность конструкции. Внешний слой выполняет роль защитной оболочки, обеспечивая высокую механическую прочность и устойчивость к атмосферным воздействиям. Два внутренних слоя с пониженной плотностью формируют эффективную теплоизоляцию, снижая теплопотери. Центральный слой, обладающий средней плотностью, выполняет роль связующего элемента, гармонизирующего взаимодействие между прочностными и теплоизоляционными характеристиками конструкции.

Применение многослойной вариатропной структуры позволяет повысить устойчивость материала к внешним воздействиям. Плавные переходы между слоями исключают резкие скачки напряжений, что существенно снижает вероятность возникновения трещин и других дефектов. Это особенно важно в регионах с суровыми климатическими условиями, где конструкции подвергаются многократным циклам замораживания и оттаивания, а также действию ветровых и сейсмических нагрузок. Дополнительным направлением исследования является численное моделирование работы материалов с вариатропной структурой.

Применение метода конечных элементов позволяет проводить многопараметрический анализ, прогнозировать напряженно-деформированное состояние, оценивать прочность, теплопроводность, деформативность и долговечность конструкций при различных эксплуатационных условиях. Результаты моделирования являются важным инструментом для оптимизации состава и технологических параметров, что позволит минимизировать риск возникновения дефектов на стадии эксплуатации и продлить срок службы строительных объектов.

Важным аспектом внедрения вариатропных бетонов является их экологическая эффективность. Повышенные теплоизоляционные характеристики позволяют снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование зданий, что напрямую приводит к снижению выбросов парниковых газов. Кроме того, возможность использования переработанных, экологически безопасных и местных компонентов в составе теплоизоляционных слоёв способствует снижению углеродного следа строительной отрасли. Лёгкость конструкций снижает расходы на транспортировку и монтаж, делает строительство более экономичным и устойчивым. Перспективы дальнейших исследований включают разработку адаптивных составов бетона, использование новых типов армирования для повышения трещиностойкости, а также интеграцию функциональных добавок, обеспечивающих повышенную долговечность и защиту от агрессивных воздействий. Также важным направлением является разработка методов неразрушающего контроля качества многослойных конструкций для обеспечения высокого уровня надёжности при массовом производстве.

Таким образом, разработка и внедрение многослойных бетонов вариатропной структуры открывает новые горизонты для современной строительной отрасли, позволяя создать строительные материалы нового поколения, сочетающие прочность, энергоэффективность, долговечность и экологичность. Эти материалы соответствуют требованиям устойчивого строительства, позволяют повысить комфорт и безопасность зданий, снизить эксплуатационные расходы и уменьшить воздействие строительной деятельности на окружающую среду.

Список литературы

1. Шорстов Р.А., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Технологии получения многослойных конструкций вариатропной структуры // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2019. №4. С. 32-39.
2. Пак А.А., Сухорукова Р.Н. Слоистый композиционный материал для повышения тепловой изоляции зданий // Вестник МГТУ. 2004. – том 7, №3. с. 468-472.
2. Чернильник А.А и др. Рецептурно-технологические аспекты получения высококачественных центрифугированных бетонов // Инженерный вестник Дона №1,
3. Булавин В.А. Газобетон для монолитных ограждающих конструкций с вариатропной поровой структурой: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Ростов на-Дону, 2003. 145 с.
4. Мирюк О.А. Формирование магнезиального ячеистого композита с переменной плотностью // Материалы III Международной научно практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии». М., 2014. С. 167-169.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ИЗОЛЯЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ГОРОДА АСТАНА

Современное развитие инженерной инфраструктуры в городах требует повышения эффективности эксплуатации инженерных сетей, особенно в условиях сурового климата. Город Астана, как столица Казахстана, расположен в зоне резко континентального климата, характеризующегося продолжительной холодной зимой и большими суточными и сезонными перепадами температур. В связи с этим вопросы энергоэффективности, надежности и долговечности инженерных коммуникаций, в частности магистральных трубопроводов теплоснабжения, приобретают особую актуальность.

Магистральные трубопроводы теплоснабжения служат основным элементом систем отопления, горячего водоснабжения и тепловых сетей, обеспечивающих бесперебойную подачу тепловой энергии потребителям - жилым домам, образовательным учреждениям, больницам, промышленным предприятиям. Однако в процессе транспортировки теплоносителя по протяженным коммуникациям неизбежны теплопотери, которые, при недостаточном уровне теплоизоляции, приводят к значительному перерасходу энергии и финансовым затратам. Поэтому эффективная теплоизоляция магистральных трубопроводов является важнейшим направлением в сфере энергосбережения и повышения эффективности городских инженерных сетей.

Особое внимание к проблеме минимизации теплопотерь в трубопроводах вызвано не только экономическими соображениями, но и необходимостью обеспечения устойчивого развития города, снижения нагрузки на энергетические ресурсы и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. В современных условиях, когда на первый план выходит задача рационального использования энергии, внедрение инновационных теплоизоляционных материалов и технологий становится обязательным требованием при строительстве и реконструкции тепловых сетей [1].

Климатические условия города Астаны характеризуются значительными колебаниями температур, что предъявляет высокие требования к качеству теплоизоляции магистральных трубопроводов. В зимний период температура воздуха может опускаться до -40°C и ниже, что увеличивает теплопотери в случае недостаточной или неэффективной изоляции. Таким образом, правильный выбор теплоизоляционного

материала напрямую влияет на эффективность работы тепловых сетей и экономическую целесообразность их эксплуатации.

Одним из распространенных материалов, применяемых для теплоизоляции трубопроводов, является пенополиуретан (ППУ). ППУ обладает низкой теплопроводностью ($\lambda = 0,027\text{--}0,035 \text{ Вт/(м К)}$), что делает его эффективным для применения в суровых климатических условиях. Кроме того, ППУ отличается высокой механической прочностью, влагостойкостью и долговечностью, что увеличивает срок службы трубопроводов. Однако применение ППУ требует строгого соблюдения технологий монтажа для предотвращения образования мостиков холода.

Альтернативными материалами являются минеральная вата и стекловолокно, которые также широко используются в качестве теплоизоляции. Минеральная вата характеризуется хорошими теплоизоляционными свойствами, огнестойкостью и биостойкостью. Однако недостатком является высокая гигроскопичность, что требует дополнительной защиты от влаги [2].

В условиях Астаны использование минеральной ваты возможно при условии качественного наружного покрытия, обеспечивающего защиту от атмосферных осадков.

Для повышения эффективности теплоизоляции трубопроводов также применяются многослойные системы, сочетающие различные материалы. Например, комбинация ППУ и фольгированных покрытий позволяет значительно снизить теплотери за счет отражения теплового излучения. При этом необходимо учитывать дополнительные нагрузки на трубопровод, связанные с увеличением массы изоляции.

При проектировании тепловых сетей важно учитывать не только теплотехнические характеристики материалов, но и их устойчивость к механическим повреждениям, простоту монтажа и экономическую эффективность. Особенно важным фактором является срок службы изоляционного покрытия, так как замена теплоизоляции на магистральных трубопроводах требует значительных затрат и может привести к временной остановке подачи тепла.

Требования к теплоизоляции трубопроводов инженерных сетей

Магистральные трубопроводы, транспортирующие горячую воду и пар, подвержены значительным теплотерям. В условиях сурового климата Астаны (зимние температуры достигают $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) особенно важно использовать эффективные теплоизоляционные материалы.

Основные требования к теплоизоляции: низкая теплопроводность, устойчивость к влаге, механическая прочность, долговечность и экологическая безопасность [3].

Анализ современных теплоизоляционных материалов

В настоящее время наиболее распространенным теплоизоляционным материалом для трубопроводов является пенополиуретан (ППУ). Его преимущества:

- Низкая теплопроводность (0,028–0,035 Вт/м К);
- Устойчивость к воздействию влаги и агрессивной среды;
- Высокая адгезия к металлическим и пластиковым трубам;
- Длительный срок службы (до 30 лет).

Также применяются минеральные ваты (каменная, стеклянная), но они требуют дополнительной защиты от влаги и механических повреждений.

Климатические условия города требуют повышенных стандартов к теплоизоляции:

- Толщина теплоизоляционного слоя должна быть увеличена до 100–150 мм для предотвращения промерзания труб;
- Необходима дополнительная гидроизоляция и защита от механических повреждений (оболочка из оцинкованной стали или ПЭ оболочка);
- Рекомендуются использование ППУ-скорлупы, удобной для монтажа и ремонта.

Экономический анализ показывает, что первоначальные затраты на качественную изоляцию окупаются за 3–5 лет за счет снижения потерь тепла.

Проведенные исследования магистральных трубопроводов Астаны показали, что использование ППУ снижает теплопотери на 40–50% по сравнению со старыми изоляционными материалами. Средняя температура теплоносителя сохраняется на уровне нормативных значений даже при отрицательных температурах [4-5].

Повышение эффективности теплоизоляции магистральных трубопроводов в условиях Астаны возможно за счет использования современных материалов, прежде всего пенополиуретана. Правильный выбор и монтаж теплоизоляции позволяют существенно сократить теплопотери, продлить срок службы инженерных сетей и снизить расходы на эксплуатацию. Рекомендовано расширить использование ППУ в новых и реконструируемых участках инженерных сетей города.

Список использованной литературы

1. Сулейменов А.К. Теплоизоляция трубопроводов: современные решения. – Астана: Наука, 2020. – 234 с.
2. Горбунов В.Н. Теплоизоляционные материалы и их применение. – М.: Стройиздат, 2018. – 198 с.
3. Мамытов Ж.К. Исследование свойств пенополиуретана для трубопроводной изоляции // Вестник КазНИТУ. – 2019. – №3. – С. 45–51.
4. Джунусова Л.Т. Энергосбережение в системах теплоснабжения. – Алматы: Энергия, 2021. – 156 с.
5. Smith J. Polyurethane Insulation for Pipelines: A Review // Journal of Thermal Engineering. – 2022. – Vol. 48, Issue 2. – P. 112–120.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОНИЖЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Современное строительство ориентировано на широкое применение энергоэффективных и экологически устойчивых технологий, что требует создания новых видов строительных материалов, способных обеспечить надёжную теплоизоляцию при одновременном снижении затрат на сырьё. В этих условиях актуальным становится использование вторичных ресурсов, в частности техногенных отходов горнодобывающей промышленности, которые обладают значительным сырьевым потенциалом.

Использование таких хвостов способствует решению сразу нескольких задач: утилизация вредных отходов, снижение стоимости материалов, уменьшение нагрузки на природные ресурсы и формирование конструкций с улучшенными теплоизоляционными характеристиками.

Экспериментальная часть работы предусматривала формирование образцов на основе различных составов, в которых доля хвостов варьировалась от 20 до 60 % от массы сухой смеси. В качестве вяжущего использовался портландцемент марки М400, а для интенсификации порообразования применялись добавки перекиси водорода и алюминиевой пудры. Отвердевание образцов проводилось при естественных условиях в течение 28 суток. Оценивались такие параметры, как средняя плотность, коэффициент теплопроводности, прочность на сжатие и водопоглощение.

Результаты показали, что увеличение доли хвостов в составе смеси приводит к снижению средней плотности за счёт формирования более выраженной ячеистой структуры. Наиболее низкое значение плотности (640 кг/м^3) было достигнуто при 60 % содержании хвостов и повышенной дозировке порообразователя. При этом теплопроводность составила $0,091 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, что существенно ниже аналогичных значений для традиционных материалов — у керамзитобетона этот показатель колеблется в пределах $0,18\text{--}0,22 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, у газобетона — $0,12\text{--}0,14 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Прочность на сжатие варьировалась от 1,9 до 4,2 МПа, в зависимости от соотношения компонентов. Максимальные прочностные показатели были зафиксированы при 20–30 % содержании хвостов (4,2 МПа), что соответствует уровню пенобетонов конструктивно-теплоизоляционного назначения. При дальнейшем увеличении доли техногенного компонента прочность снижалась, однако даже при 50 % содержании хвостов удавалось сохранять прочность выше 2,5 МПа, что достаточно для большинства ненесущих конструкций и теплоизоляционных блоков. Водопоглощение,

как ожидается, возрастало с увеличением пористости и достигало 42 % при наибольшем содержании хвостов, однако при введении гидрофобизаторов (0,3 % от массы) данный показатель снижался до 24–26 %, что допустимо в условиях сухого и умеренного климата. Для наглядного представления экспериментальных данных приведены (Таблица 1) средние значения по пяти сериям образцов:

Таблица 1 - Показатели плотности, теплопроводности, прочности и водопоглощения образцов с различной долей техногенных отходов

№	Содержание хвостов (%)	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Прочность, МПа	Водопоглощение, %
1	20	880	0.120	4.2	28.0
2	30	790	0.108	3.7	30.5
3	40	720	0.093	3.2	35.0
4	50	670	0.087	2.6	39.5
5	60	640	0.091	1.9	42.0

Из таблицы видно, что оптимальное сочетание теплоизоляционных и механических характеристик достигается при содержании хвостов на уровне 40–50 %. Это позволяет обеспечить как снижение плотности, так и улучшение теплоизоляции при сохранении достаточной прочности.

Также проведён анализ экологической безопасности материалов. Исследования показали, что уровень выщелачивания тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cd) из полученных образцов остаётся в пределах ПДК, установленных санитарными нормами. Это достигается за счёт химического связывания металлов в процессе гидратации цемента и формирования малорастворимых силикатных и карбонатных фаз. Отсутствие летучих органических соединений и низкий уровень радиационного фона позволяют отнести материалы к категории безопасных для внутреннего и наружного применения.

Таким образом, разработка настоящего исследования подтверждают возможность промышленного применения предложенных составов при соблюдении технологических рекомендаций, что открывает широкие перспективы для масштабной переработки накопленных отходов горнодобывающих предприятий в полезные строительные материалы нового поколения.

Список использованных источников:

1. Kuandykova, A., Taimasov, B., Potapova, E., et al. (2024). Production of Composite Cement Clinker Based on Industrial Waste. *Journal of Composite Science*, 8(7), 257. <https://doi.org/10.3390/jcs8070257MDPI>
2. Odewole, P.O. (2022). Properties of glass-ceramics foam based on granite dust-clay-maize cob composite as a sustainable building material. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.14744/jscmt.2022.07dergipark.org.tr>
3. Yang, X., et al. (2023). Promising biomass waste-derived insulation materials for application in construction and buildings. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-05192-8SpringerLink>

УСТОЙЧИВЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ: РОЛЬ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ

Изменение климата приводит к росту нагрузки на инженерные сети, вызывая перебои в водоснабжении, теплоснабжении и электроснабжении. Существующие системы, спроектированные под прежние климатические условия, не справляются с новыми рисками. Традиционные методы управления оказываются неэффективными, особенно при частых экстремальных явлениях. В этой связи возникает необходимость перехода к «умной» инфраструктуре — цифровым технологиям, позволяющим оперативно отслеживать состояние сетей и быстро реагировать на отклонения. Доклад рассматривает потенциал таких решений для повышения устойчивости инженерных систем Казахстана.

Инженерные сети в Казахстане в последние годы всё чаще подвергаются воздействию экстремальных климатических факторов, к которым они изначально не были адаптированы. Наиболее уязвимыми оказываются системы водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения, особенно в северных и центральных регионах страны. В условиях резких температурных перепадов происходят разрывы труб, промерзание коммуникаций, сбои в работе насосных станций. Летом — наблюдаются перебои в подаче воды в связи с падением уровня источников водозабора и увеличением потребления на фоне жары.

Наружные и внутренние сети во многих городах были спроектированы по нормам, актуальным десятилетия назад, и не учитывают текущие риски. Например, в условиях Алматы и Шымкента нарастает угроза кратковременных, но интенсивных ливней, перегружающих ливневую канализацию и вызывающих подтопления. В северных областях — чаще фиксируются случаи аварий на теплосетях зимой, особенно при пиковых нагрузках в период резкого похолодания. В Восточном Казахстане наблюдаются проблемы с канализационными стоками из-за обледенения при температуре ниже -35°C .

Ситуацию усугубляет фрагментарность диспетчерского контроля и слабая информатизация систем. Большинство коммунальных объектов обслуживаются вручную, без круглосуточного мониторинга ключевых параметров: давления, температуры, уровня утечек. В результате реагирование на аварии происходит с задержкой, а упреждающее техническое обслуживание заменяется экстренными мерами после факта.

Таким образом, уровень климатической уязвимости инженерной инфраструктуры в Казахстане остаётся высоким. Это обуславливает необходимость перехода к новым технологическим моделям управления и

модернизации сетей с опорой на данные в реальном времени и адаптивные методы эксплуатации.

Переход к умной инженерной инфраструктуре представляет собой ключевой шаг в направлении повышения устойчивости городских сетей к климатическим вызовам. Под этим понятием понимается внедрение цифровых решений, обеспечивающих непрерывный сбор, анализ и использование данных для оперативного управления водоснабжением, теплоснабжением, водоотведением и другими системами. В первую очередь речь идёт о таких технологиях, как SCADA (автоматизированные системы диспетчерского контроля и управления), IoT-датчики (интернет вещей), интеллектуальные контроллеры, цифровые двойники объектов и геоинформационные системы.

Использование SCADA-систем позволяет вести дистанционный мониторинг давления, расхода, температуры, уровня воды и других параметров в режиме 24/7. Это существенно снижает риск аварий за счёт раннего выявления отклонений от нормы. Например, система может зафиксировать падение давления в магистрали и автоматически направить сигнал на отключение повреждённого участка или включение резервной ветви. Аналогичным образом работает система мониторинга ливневой канализации: при превышении допустимого уровня осадков система инициирует дренажные мероприятия или направляет сигнал в диспетчерский центр.

Технологии интернета вещей позволяют интегрировать в инфраструктуру недорогие и энергоэффективные сенсоры, которые передают данные через сотовую или радиосвязь. Такие решения особенно актуальны для удалённых или труднодоступных участков. С помощью IoT возможно не только отслеживать техническое состояние объектов, но и формировать прогнозы аварийности на основе накопленных данных и алгоритмов машинного обучения.

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в визуализации и анализе состояния сетей, позволяя оперативно оценивать риски в привязке к конкретной местности. Это особенно важно в условиях сложного климата, когда параметры среды (глубина промерзания, уровень грунтовых вод, вероятность подтоплений) существенно варьируются даже внутри одного города.

Примеры успешного внедрения подобных решений уже имеются. Так, в Алматы в рамках пилотного проекта по снижению потерь воды были установлены интеллектуальные счётчики и датчики давления, что позволило сократить утечки на 17 % в отдельных участках. В Астане ведётся разработка концепции цифровой диспетчеризации объектов теплоэнергетики с привязкой к погодным условиям и нагрузке в пиковые часы.

Отсюда следуют, что «умная» инженерная инфраструктура открывает широкие возможности для повышения адаптивности и устойчивости городских систем в условиях нарастающей климатической нестабильности. Её внедрение позволяет перейти от реагирования на последствия к упреждающему управлению, снижая как технические, так и социально-экономические издержки.

Несмотря на очевидные преимущества «умной» инфраструктуры, её широкое внедрение в Казахстане сдерживается рядом факторов. Основной барьер — высокая стоимость модернизации и отсутствующие финансовые механизмы поддержки на уровне местных бюджетов. Кроме того, действующие строительные нормы (например, СП РК 4.01-101-2012, СН РК 4.01-03-2013) пока не предусматривают обязательного применения цифровых решений, что делает их внедрение необязательным для застройщиков. Кадровый дефицит и слабая цифровая грамотность персонала коммунальных служб также осложняют переход к новым моделям управления. Для преодоления этих проблем требуется актуализация нормативной базы, запуск пилотных проектов в наиболее уязвимых регионах и внедрение программ обучения специалистов в сфере эксплуатации инженерных систем.

Внедрение умной инфраструктуры — необходимый шаг к обеспечению устойчивости инженерных сетей в условиях изменяющегося климата. Цифровые технологии позволяют повысить надёжность систем, сократить аварийность и оптимизировать ресурсы. Для реализации этого потенциала необходимо поэтапное внедрение решений, начиная с зон наибольшего риска. Важно также обновить нормативные документы, обеспечить поддержку на уровне государства и подготовить квалифицированные кадры. Такой комплексный подход позволит сформировать адаптивную и устойчивую инженерную среду в городах Казахстана.

Список использованной литературы:

1. Оразова Т., Ремазанов И., Аннагелдиева Ч. Адаптивная архитектура: проектирование для изменения климата и устойчивости // *Вестник науки*. 2024. № 9(78). С. 419–421.
2. Тыллануров Ы., Сапарова Т., Чолуков П. Изменение стандартов проектирования и строительства для адаптации к климатическим изменениям // *Вестник науки*. 2024. № 12(81). С. 1914–1916.
3. UNEP DTU. Оценка и приоритезация технологий для адаптации к изменению климата: практическое руководство по многокритериальному анализу. Копенгаген, 2015.
4. СП РК 4.01-101-2012. Внутренний водопровод и канализация зданий и сооружений (с изменениями по состоянию на 18.02.2025 г.). – Астана: ПАРАГРАФ, 2025.
5. СН РК 4.01-03-2013. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. – Астана: ПАРАГРАФ, 2023.

УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Металлические конструкции широко применяются в строительстве, промышленности и инфраструктурных объектах. Однако с течением времени они подвергаются различным видам разрушений: механическому износу, коррозии, усталостным повреждениям. Это приводит к необходимости разработки и внедрения эффективных методов их усиления. В современных условиях усиление металлических конструкций приобретает особую значимость, учитывая рост нагрузок, влияние агрессивных сред и ужесточение нормативных требований.

Использование металла в строительстве берет свое начало в XVIII веке, когда его применяли преимущественно для усиления каменных сооружений. Однако настоящим прорывом стало появление прокатных металлических профилей в XIX веке. В 1832 году были изготовлены первые рельсы, а чуть позже, в 1845 году, во Франции начали использовать двутавровые балки, что открыло новые горизонты в проектировании строительных конструкций [1].

Применение металлических элементов позволило значительно увеличить прочность и долговечность зданий, упростить их возведение. Однако в те времена технологии еще не были совершенными: ошибки в расчетах, несовершенство узловых соединений и недостаток опыта приводили к аварийным ситуациям, а порой и к разрушению конструкций. Так, во второй половине XIX века было зафиксировано множество случаев обрушений мостов и зданий из-за перегрузок и недочетов в проектировании. В странах СНГ металл широко применялся в строительстве промышленных объектов с середины XX века. По данным исследований, к 1980-м годам доля стальных каркасов в общем объеме возведенных конструкций превышала 50%.

Со временем здания подвергаются старению, что снижает их эксплуатационные характеристики. Согласно исследованиям, наиболее уязвимыми считаются объекты, возведенные в период с 1930 по 1980 годы. В ряде регионов СНГ около 75% зданий эксплуатируется более 25 лет, а около половины – свыше 50 лет. Обследования выявили, что значительная часть таких сооружений имеет различные дефекты, которые могут снижать их надежность [2].

Одной из наиболее актуальных проблем остается рост аварийности. Исследования показывают, что с увеличением срока службы зданий возрастает частота возникновения аварийных ситуаций. В случае

разрушения отдельных элементов конструкций, например, стропильных ферм, возможны прогрессирующие обрушения, что представляет серьезную угрозу.

В зависимости от целей усиления металлических конструкций различают несколько основных подходов. Один из них заключается в изменении статической схемы сооружения, что может включать установку дополнительных опор, подкосов или подвесок, а также перераспределение нагрузки за счёт введения новых связей и элементов. Такой метод позволяет повысить устойчивость конструкции и уменьшить напряжения в её отдельных узлах [3].

Другой распространённый способ усиления — увеличение поперечного сечения несущих элементов. Он реализуется за счёт приваривания дополнительных металлических накладок, установки шпренгелей конструкций или обетонирования ослабленных участков (рис.1).

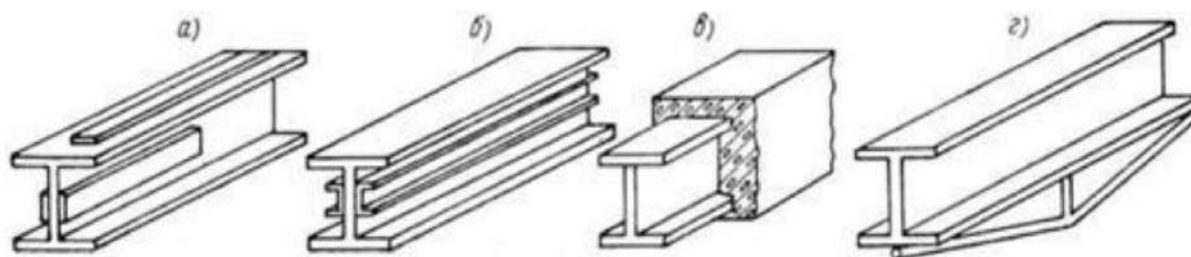


Рисунок 1 – Способы усиления металлических балок:
а, б – накладками; в – обетонированием; г – шпренгелем.

Комбинированные методы сочетают оба подхода, обеспечивая комплексное усиление конструкций. Например, для повышения несущей способности стальных ферм используется установка дополнительных раскосов, изменение конфигурации верхнего пояса или введение промежуточных опор. В случае подкрановых балок возможно усиление путём приваривания дополнительных ребер жёсткости или увеличения площади стенок [3].

В последние годы набирает популярность метод усиления металлических конструкций с применением композитных материалов, таких как углепластик. Этот способ позволяет значительно повысить несущую способность конструкций без существенного увеличения их массы. Композитные материалы обладают высокой прочностью при малом весе, стойкостью к коррозии и воздействию агрессивных сред, что делает их особенно эффективными в промышленных и транспортных сооружениях.

Метод внешнего армирования композитными материалами

предусматривает наклеивание специальных углепластиковых лент или пластин на поверхность усиливаемой конструкции. Прочность соединения обеспечивается использованием клеевых составов высокой адгезии, что позволяет перераспределять нагрузки между металлом и композитом. Исследования показали, что применение этого метода может повысить несущую способность конструкций в среднем на 59%, что делает его одним из наиболее перспективных решений в области усиления.

Однако существуют ограничения. Применение композитных материалов чувствительно к температурному воздействию – при нагреве до 60°C эффективность усиления резко снижается. Кроме того, при контакте углепластика со сталью возможно развитие гальванической коррозии, что требует дополнительных мер защиты, таких как использование изолирующих покрытий. Для объектов, подверженных воздействию высоких температур или огня, необходимо предусматривать специальные огнестойкие слои, предотвращающие разрушение клеевого соединения.

Проблема обеспечения надёжности металлических конструкций остаётся одной из ключевых в современном строительстве и промышленности, особенно в условиях старения значительного числа зданий. Усиление — это не только техническая необходимость, но и инструмент продления срока службы и повышения безопасности сооружений. В работе рассмотрены как традиционные методы усиления (изменение статической схемы, увеличение сечения), так и современные решения с применением композитных материалов, позволяющих значительно повысить несущую способность конструкций при минимальном весе.

Отдельное внимание уделено ограничениям новых технологий, что демонстрирует взвешенный подход к выбору методов усиления. Таким образом, в работе подчёркивается необходимость комплексного подхода к оценке и модернизации металлических конструкций с учётом их текущего состояния, условий эксплуатации и экономической эффективности применяемых технологий.

Список использованных источников:

1. Самсонов С.М. Аварийное состояние металлических конструкций // Синергия наук. 2017. № 8. – С. 228 – 235.
2. Еремин К.И., Матвеюшкин С.А., Арутюнян Г.А. Анализ повреждаемости и обрушаемости блоков покрытий промышленных зданий // Наука и безопасность. 2015. №14 –С. 36 – 45.
3. Пириев Ю.В. Оценка технического состояния и усиление строительных конструкций при реконструкции зданий / Учебное пособие. – Белгород, 2016.

ОБЗОР МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЖИМАЕМОСТИ И
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ PLAXIS И
MIDAS GTS NX

В настоящей статье представлен обзор современных методов численного моделирования процессов сжимаемости и напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтов с использованием программных комплексов Plaxis и Midas GTS NX. Эти методы позволяют обеспечить инженерно обоснованное проектирование оснований и конструкций, особенно в условиях сложной геотехнической обстановки.

Программные комплексы Plaxis и Midas GTS NX, основанные на методе конечных элементов (МКЭ), позволяют с высокой степенью достоверности моделировать напряженно-деформированное поведение основания, учитывая такие важные факторы, как стратификация, консолидация, нелинейность свойств, дренажные условия и параметры уплотнения. Эти инструменты широко применяются при решении задач устойчивости откосов, оценки осадок фундаментов, проектирования подпорных стен, тоннелей и других подземных сооружений [1-2].

Для получения этих параметров применяются как лабораторные, так и полевые методы, включая компрессионные, стабилометрические и сдвиговые испытания (рис. 1).

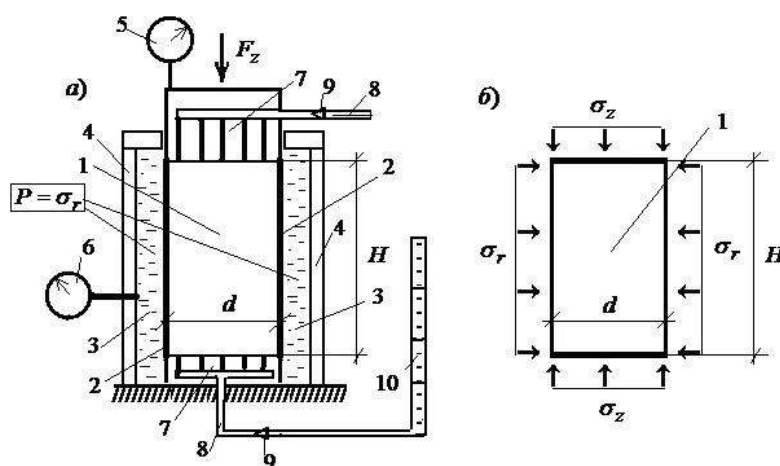


Рисунок 1 - Схема гидравлического стабилометра (а) и напряженное состояние испытываемого образца (б): 1 - образец грунта; 2- резиновая оболочка; 3-пространство заполненное жидкостью; 4-цилиндр; 5,6-манометры; 7-поршень; 8-бюретка для измерения объема образца; 9- кран для отвода воды; 10-уровень воды

Особенностью модели Hardening Soil является использование гиперболической зависимости между напряжением и деформацией, что делает ее особенно подходящей для описания нелинейного поведения сжимаемых грунтов на всех стадиях деформирования — от упругой до пластической (рис. 2). Эта модель позволяет реалистично моделировать деформационные характеристики грунтов как при сдвиге, так и при сжатии, включая модули E_{so} , E_{oed} и E_{-u}^r .

Гиперболическая кривая напряжения-деформации (модель Hardening Soil)

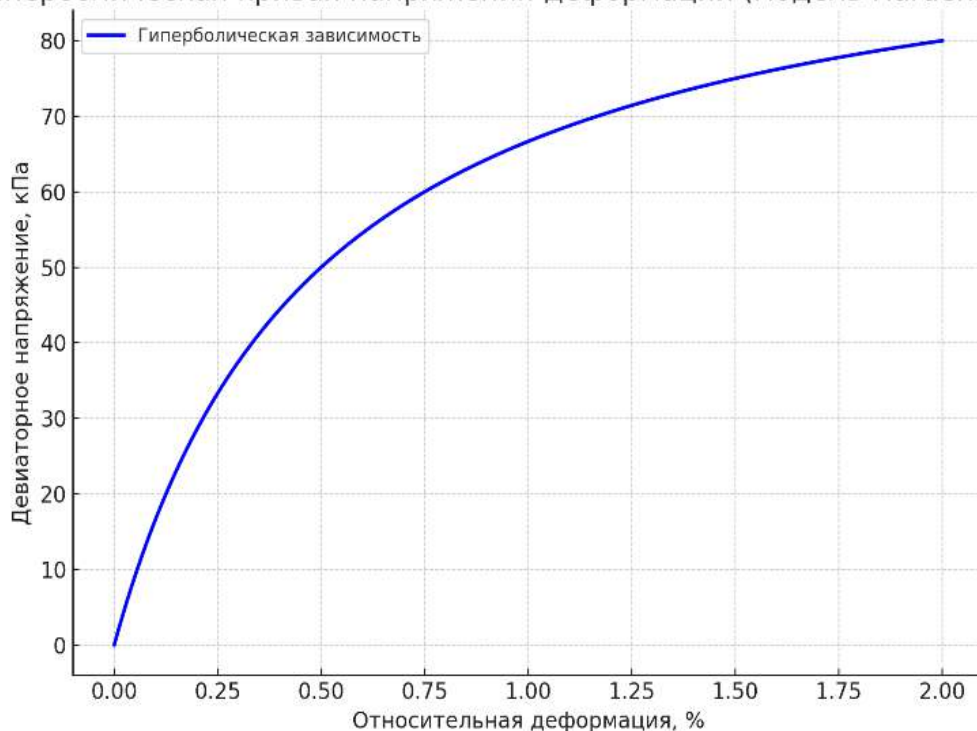


Рисунок 2 - Поверхность текучести и гиперболическая кривая напряжения-деформации в модели Hardening Soil

Программный комплекс Midas GTS NX представляет собой мощную интегрированную 3D-платформу для геотехнического моделирования, обеспечивающую высокоточное решение задач деформирования, устойчивости и взаимодействия конструкций с грунтом. Одним из преимуществ Midas является возможность автоматического построения расчетной сетки, импорта геометрии из программ CAD (AutoCAD, Civil 3D), а также визуализации напряжений, деформаций, изолиний давления и других результатов в трёхмерном пространстве [3-5].

На рисунке 3 представлены визуализированные результаты сравнительного анализа ключевых функциональных возможностей Plaxis и Midas GTS NX. Как видно из графика, оба комплекса обладают высокой степенью функциональной зрелости, однако Midas демонстрирует преимущества по ряду параметров, особенно в части 3D-визуализации и гибкости параметрических моделей.

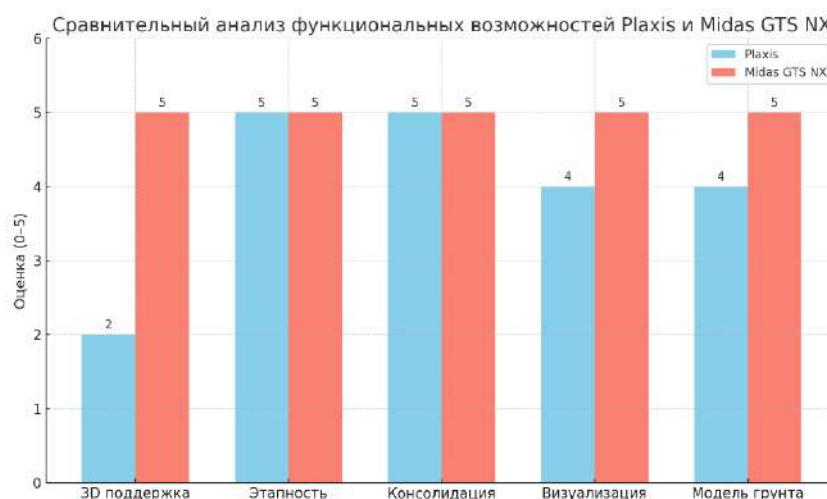


Рисунок 3 — Сравнительный анализ функциональных возможностей программных комплексов Plaxis и Midas GTS NX по основным критериям

В свою очередь, Midas GTS NX обеспечивает высокую точность в моделировании сложных трёхмерных геометрий и многослойных грунтовых массивов. Возможность задания поэтапного строительства, а также расширенные функции 3D-визуализации и анализа напряжений позволяют эффективно решать задачи при проектировании зданий, тоннелей и инфраструктуры в городской среде.

Сравнительный анализ (рис. 3) продемонстрировал, что при совместном применении этих программных продуктов можно достичь более полного понимания механики взаимодействия сооружения с основанием. Такой интегративный подход способствует улучшению точности инженерных расчётов и принятию более обоснованных проектных решений, особенно в условиях сложной инженерно-геологической обстановки.

Таким образом, комплексное использование Plaxis и Midas GTS NX может рассматриваться как рекомендуемая стратегия для геотехнического анализа в современной инженерной практике.

Список использованных источников

1. Выбор рациональных параметров геомеханической модели грунтового основания сооружения в ПК PLAXIS 3D / Власов М.А., Простов С.М., Соколов М.В. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 5 (159). С. 4-14.
2. Сравнительный анализ применения различных моделей грунта в программе Midas GTS NX и аналитических методов / ГеоИнфо. 2023. № 5. С. 20–34.
3. Моделирование деформаций грунтовых оснований при строительстве подземных сооружений с использованием Plaxis / Иванов И.И., Петров П.П. Журнал геотехнической науки. 2021. Т. 15. № 2. С. 45–58.
4. Применение Midas GTS NX для анализа устойчивости откосов в горных выработках / Сидоров С.С., Кузнецова А.А. Геотехнические исследования. 2020. Т. 12. № 1. С. 22–30.
5. Анализ напряженно-деформированного состояния фундаментов с использованием Plaxis / Петрова Н.Н., Смирнов В.В. Строительная механика. 2019. Т. 8. № 4. С. 15–25.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ ПО ИХ УДЕЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ

В процессе эксплуатации зданий и сооружений неизбежно происходит их физический износ, который сказывается на техническом состоянии и безопасности объектов. Традиционные методики, основанные на визуальных обследованиях и экспертных оценках, требуют значительных трудозатрат и субъективности [1-3]. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых подходов, которые позволяли бы более точно и быстро оценивать физический износ строительных конструкций.

Одним из таких подходов является автоматизированная система расчёта, которая использует удельный вес конструктивных элементов для определения их физического износа в процентах.

В отличие от традиционных подходов, в которых оценка физического износа в значительной степени зависит от субъективных факторов (например, экспертных оценок), данная методика предполагает использование чётко заданных критериев для каждого элемента здания.

Процесс автоматизированного расчёта физического износа конструктивных элементов зданий включает в себя четыре этапа. Первый этап связан с декомпозицией здания. Здание разделяется на основные конструктивные элементы, такие как фундамент, стены, перекрытия, кровля, окна и двери, инженерные системы и другие.

Второй этап – присвоение удельного веса каждому конструктивному элементу в зависимости от его значимости в общей конструкции здания. Удельные веса определяются не только на основе их массы, но и с учётом функциональной значимости, а также возможных изменений в эксплуатации (например, модернизация инженерных систем).

Третий этап – это автоматизированный расчёт физического износа конструктивных элементов. Каждый элемент оценивается по шкале физического износа (от 0% до 100%) с учётом его фактического технического состояния на момент экспертного обследования, которое устанавливается на основе требований действующих в РК норм [4]. Процент физического износа устанавливается на основе данных о дефектах конструктивных элементов зданий, полученных с помощью инструментальных методов обследования и визуального осмотра.

Последний этап - итоговый расчёт. Общий процент физического износа здания вычисляется как взвешенная сумма износов всех конструктивных элементов, с учётом их удельных весов.

Предложенный алгоритм расчёта физического износа здания можно выразить с помощью следующей формулы:

$$I = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot E_i)$$

где: I – общий физический износ зданий, элемента (в %);

W_i – удельный вес i -го конструктивного элемента (в %);

E_i – процент износа i -го элемента.

Предложенная методика определения процента физического износа конструктивных элементов зданий, основанная на автоматизированном расчёте удельных весов, обладает рядом значительных преимуществ. Во-первых, она обеспечивает объективность оценки, поскольку расчёт удельных весов и износа происходит на основе чётко заданных критериев, минимизируя влияние субъективных факторов. Во-вторых, методика позволяет значительно автоматизировать процесс расчёта, что ускоряет диагностику и позволяет проводить более оперативный анализ состояния здания, без необходимости в длительных визуальных осмотрах и оценках экспертами.

Кроме того, методика обладает гибкостью, так как позволяет настраивать удельные веса в зависимости от множества факторов, таких как тип здания, его конструктивная схема, материал и возраст, что делает её универсальной для применения в разных условиях. Также важно, что методику можно интегрировать с другими современными технологиями, такими как BIM-модели или системы мониторинга состояния зданий, что открывает возможности для постоянного контроля и прогнозирования состояния объектов в реальном времени.

В процессе экспертного обследования 247 жилых домов Карагандинской области, поврежденных в результате сезонного подтопления, оценка фактического технического состояния объектов произведена по степени поврежденности конструктивных элементов на основе критериев физического износа [1].

При оценке физического износа конструкций принят следующий удельный вес конструктивных элементов с учетом их влияния на несущую способность здания (коэффициент W_i): фундаменты – ($W_{\phi} = 0,25$); стены – ($W_{cm} = 0,35$); перекрытия – ($W_{np} = 0,2$); полы – ($W_{nl} = 0,2$).

По данным экспертного обследования в 141 жилом доме установлены признаки значительной поврежденности отдельных конструктивных

элементов, характеризующие снижение несущей способности и эксплуатационных характеристик, при котором опасность для пребывания людей отсутствует, но нормальная эксплуатация при этом невозможна.

В частности, выявлены:

- подмыв и неравномерная осадка фундамента, увлажнение цоколя и отдельные трещины по нему;
- перекос дверных полотен, увлажнение стеновых конструкций и конструкций оконных и дверных заполнений;
- трещины в отделочном покрытии стен и перегородок, чердачном перекрытии, выпадение штукатурки местами;
- замачивание саманных стен, кирпичной и шлакобетонной кладки;
- увлажнение, прогибы, просадки, вздутия местами полов.

Поврежденность 141 здания на момент проведения натурного обследования, рассчитанная согласно требованиям [1], составила 50-56%.

В связи с этим фактическое техническое состояние данных жилых домов признано ограниченно работоспособным и требующим капитального ремонта для восстановления эксплуатационных качеств.

В 107 жилых домах установлены признаки незначительной поврежденности отдельных конструктивных элементов, характеризующие снижение долговечности и эксплуатационных характеристик. В основном они связаны с увлажнением и местными деформациями конструктивных элементов, частичным разрушением отделочных покрытий.

Поврежденность указанных объектов на момент проведения обследования, рассчитанная согласно требованиям действующих норм [1] составила от 15 до 39%. Указанные повреждения свидетельствуют о снижении долговечности и эксплуатационной пригодности конструкций и ведут при непринятии мер к последующему переходу объектов в ограниченно работоспособное состояние.

Восстановление эксплуатационной пригодности указанных объектов рекомендуется проведением текущего ремонта согласно ведомостям дефектов и повреждений.

В итоге, этот подход позволяет не только сократить затраты на обследование зданий, но и повысить точность диагностики, обеспечивая более качественное техническое обслуживание и безопасность объектов.

Список использованных источников:

1. Мухамеджанов, С. Т. Проблемы и перспективы строительства в топливно-энергетическом комплексе Казахстана. — Алматы: Стройинформ, 2018. — 210 с.
2. Сагадиев, Н. К. Строительные конструкции в условиях длительной эксплуатации: анализ дефектов и методы их устранения. — Астана: Строительство и архитектура, 2019. — 250 с.
3. Усенов, А. В. Устойчивость строительных конструкций в энергетических объектах Казахстана. — Алматы: Наука, 2021. — 190 с.
4. СП РК 1.04-102-2012 Правила оценки физического износа зданий и сооружений. - Астана, Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2015. — 182 с.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРНЫХ ДЕФЕКТОВ ЗДАНИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТЭК) КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Казахстана включает в себя множество объектов, построенных в советский период, которые продолжают эксплуатироваться и по сей день.

В условиях длительной эксплуатации строительные конструкции объектов топливно-энергетического комплекса Казахстана подвергаются интенсивному физическому, химическому и механическому воздействию, что способствует возникновению множества дефектов. И сегодня поддержание этих объектов в работоспособном состоянии и обеспечение их безопасной эксплуатации является важнейшей задачей, требующей изучения и неотложного решения.

Для оценки текущего состояния объектов топливно-энергетического комплекса проводятся своевременные технические обследования.

Так, по результатам технических обследований трех объектов ТЭК Казахстана: Целиноградская ТЭЦ-2, Жезказганская ТЭЦ, ТЭЦ-1 имени Б.Оразбаева был проведён анализ технического состояния строительных конструкций. Объекты были выбраны с учётом их географического расположения, типа используемых конструкций и условий эксплуатации. Все объекты находятся в эксплуатации более 30 лет и имеют высокую степень износа.

Основной целью анализа являлось выявление наиболее часто встречающихся дефектов и повреждений строительных конструкций, а также выявление причин появления этих повреждений и разработка рекомендаций по их устранению.

Особое внимание уделено анализу воздействия внешних факторов (таких как климатические условия, эксплуатационные нагрузки, ошибки в проектировании или строительстве) на состояние конструкций. На основе полученных данных можно не только выявить текущие проблемы, но и спрогнозировать развитие дефектов в будущем, что поможет в разработке более эффективных рекомендаций по устранению причин появления дефектов.

В ходе исследования состояния конструкций было проведено детальное обследование, результатом которого стало определение процентного соотношения элементов с дефектами и уровня их физического износа. Проведен анализ конструкций фундамента, колонн,

балок/ферм покрытия, покрытия кровли.

Приведенная таблица 1 позволяет наглядно увидеть, какой процент конструктивных элементов оказался подвержен дефектам и в какой степени их износ.

Таблица 1

Наим-ние объекта	Железобетонн. фундаменты		Железобетонн. колонны		Металлические балки/фермы покрытия		Покрытие из «сэндвич»- панелей	
	Конст. с деф., (%)	Физ. Износ (%)	Конст. с деф., (%)	Физ. Износ (%)	Конст. с деф., (%)	Физ. Износ (%)	Конст. с деф., (%)	Физ. Износ (%)
ТЭЦ-2, Астана	30	40	30	35	25	35	50	60
ТЭЦ-1, Жетысу	25	30	30	30	45	45	35	25
ТЭЦ-1 им. Оразбаева	30	35	35	30	30	30	40	30

В железобетонных фундаментах и железобетонных колоннах основными дефектами являются трещины, деформации и коррозия арматуры. Металлические фермы и балки подвергаются коррозии, происходит износ сварных швов и механические повреждения. В сэндвич-панелях дефекты включают разрушение герметичности швов, повреждение утеплителя и промерзание. Для уменьшения влияния дефектов применяются различные методы восстановления и усиления: инъекции трещин, герметизация, восстановление защитного слоя бетона, антикоррозийные покрытия, катодная защита, армирование и т.д.

Сейчас существуют более современные, более долговечные методы усиления и восстановления конструкций. Например, усиление конструкций с использованием углеволокна, которое отличается высокой прочностью при малом весе и быстрым монтажом без увеличения сечения конструкции.

Но это не снимает проблемность данной ситуации навсегда. Эти дефекты необходимо не просто устранять, но и систематически изучать, выявлять причины их появления, разрабатывать более современные методики ремонта и профилактики с применением новых материалов и технологий. Вопрос требует дальнейшего глубокого анализа, поскольку физический износ конструкций будет продолжаться — как в объектах ТЭК, так и в других промышленных зданиях. Их количество будет только расти, так как вычеркнуть их из эксплуатации и заменить на новые быстро и одномоментно невозможно.

Список использованных источников:

1. Мухамеджанов, С. Т. Проблемы и перспективы строительства в топливно-энергетическом комплексе Казахстана. — Алматы: Стройинформ, 2018. — 210 с.
2. Сагадиев, Н. К. Строительные конструкции в условиях длительной эксплуатации: анализ дефектов и методы их устранения. — Астана: Строительство и архитектура, 2019. — 250 с.
3. Усенов, А. В. Устойчивость строительных конструкций в энергетических объектах Казахстана. — Алматы: Наука, 2021. — 190 с.

СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СЖАТО-ИЗОГНУТОГО СТЕРЖНЯ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ ОПОРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТРОИТЕЛЬНОГО ИНЖИНИРИНГА

Статья, предоставленная для анализа, посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния (НДС) сжато-изогнутого стержня, который поддерживается упругой податливой опорой. Работы авторов охватывают как аналитические, так и численные методы расчета для определения воздействия сложного сопротивления на поведение конструкции. Особое внимание уделяется использованию метода конечных разностей и метода пяти моментов, что позволяет учитывать влияние осевого сжатия и поперечного изгиба на структуру балки. Рассмотренная работа представляет интерес для строительного инжиниринга, особенно при проектировании сложных конструкций с податливыми опорами.

Теоретические аспекты

1. Сложное сопротивление и его влияние на строительные конструкции

Сложное сопротивление возникает, когда конструкция подвергается нескольким видам нагрузок одновременно — осевому сжатию, поперечному изгибу и т. д. Это типично для многих строительных объектов, таких как мосты, крыши или другие крупные сооружения. Податливость опор значительно влияет на расчет напряжений и деформаций, что важно учитывать при проектировании. Как отмечается в статье, использование аналитических методов и методов конечных разностей помогает более точно учитывать все нюансы поведения конструкции.

2. Метод конечных разностей и его применение в строительном инжиниринге

Метод конечных разностей используется для численного анализа деформаций и напряжений в конструкции, что позволяет более точно моделировать поведение материалов и опор. В строительстве этот метод помогает учитывать не только статическое, но и динамическое поведение конструкции. Например, при проектировании мостов или зданий с гибкими опорами метод позволяет учитывать изменение внешних нагрузок и деформаций с течением времени. Это дает точные данные для определения максимальных деформаций и эффективных решений для проектирования.

3. Метод пяти моментов

Метод пяти моментов применим в расчетах для статически неопределимых конструкций. Он позволяет учесть не только жесткие, но и податливые опоры, что важно для проектирования сложных систем. Например, в строительстве этот метод используется при расчете элементов

зданий, которые испытывают нагрузки не только вдоль своей оси, но и в поперечном направлении. Это актуально для проектирования больших перекрытий, крытых конструкций или многопролетных мостов.

Рекомендации для применения в строительном инжиниринге

1. Определение упругой податливости опор в проектировании

Для повышения точности расчетов строительных конструкций с податливыми опорами необходимо учитывать изменения в жесткости опор. Это критично для объектов с нестандартными или гибкими опорами, таких как мосты, вентилируемые фасады или здания с изменяющимися внешними условиями. Учет упругой податливости позволяет точнее определить внутренние силы, что существенно улучшает проектирование и эксплуатацию таких объектов.

2. Влияние упругой податливости на безопасность конструкций

В строительстве важно учитывать изменения в поведении опор в реальных условиях эксплуатации. Например, для конструкций, подверженных нагрузкам в течение длительного времени, такие как мосты или небоскрёбы, податливость опор может существенно изменить механическое поведение всей системы. Учет таких факторов помогает проектировать более устойчивые и безопасные сооружения, минимизируя риск повреждений и увеличивая срок службы.

3. Использование численных методов для более сложных конструкций

Для сложных объектов с гибкими опорами, таких как мосты и крупные промышленные сооружения, численные методы, такие как метод конечных разностей, должны быть дополнены более сложными алгоритмами. Это необходимо для учёта множества факторов, таких как температурные колебания, сейсмическая активность и другие внешние воздействия, которые могут повлиять на податливость опор и поведение конструкции в целом.

Перспективы развития

1. Совершенствование моделей для учета нелинейных характеристик материалов

Дальнейшее развитие теории и практики проектирования строительных конструкций потребует использования новых моделей для учета нелинейных характеристик материалов и опор. В частности, для устойчивых к деформациям конструкций, таких как мосты или здания в сейсмоопасных зонах, использование моделей, которые учитывают нелинейную податливость опор, может существенно повысить точность прогнозирования долговечности конструкций.

2. Применение новых технологий для адаптивных конструкций

Современные исследования в области упругой податливости опор открывают перспективы для создания адаптивных конструкций, которые могут изменять свои характеристики в ответ на внешние воздействия.

Применение таких технологий в строительном инжиниринге, например, для мостов и высотных зданий, может значительно повысить их устойчивость и долговечность.

Заключение

В заключение, статья, представляемая для анализа, дает важные теоретические и практические рекомендации для учета упругой податливости опор в строительных конструкциях. Методы, такие как метод конечных разностей и метод пяти моментов, играют ключевую роль в обеспечении точных расчетов для зданий и сооружений, где опоры не являются жесткими. Эти методы могут быть адаптированы для проектирования более устойчивых и долговечных конструкций, что особенно актуально для современных вызовов строительного инжиниринга.

Список использованных источников:

1. Багмутов В.П. Сложное сопротивление: учебное пособие. Н.Ю. Полозенко. Волгоград, 2005.
2. Гребенников М.Н., Пекельный Н.И. Теории прочности. Сложное сопротивление: учебное пособие. Харьков: ХАИ, 2016.
3. Колесников А.В., Казанцев Г.Г., Плясунова М.А. Прочность материалов. Расчет деревянных конструкций на сложное сопротивление: учебное пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021.
4. Ахмедиев С.К., Хабидолда О., Ватин Н.И., Муратхан Р., Рысбек С., Медеубаев Н.К. Физико-математическая модель расчета непрерывных балок с эластично-податливыми опорами. Вестник КазНУ, № 2(114), 2022.

АНАЛИЗ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ И МЕТОДЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

В представленной работе рассмотрен комплексный подход к оценке и снижению геотехнических рисков, возникающих при строительстве на слабых грунтах в различных регионах Казахстана. Особое внимание уделяется анализу практических случаев, применению современных технологий укрепления основания и обеспечению устойчивости строительных объектов. Основной акцент сделан на исследовании методов минимизации деформационных процессов, способных повлиять на надёжность и долговечность сооружений.

Строительство на слабых грунтах является одной из наиболее сложных задач в области геотехники, особенно в странах с разнообразными климатическими и геологическими условиями, как Казахстан. Проблемы, связанные с просадкой грунтов, нарушением устойчивости фундамента и другими геотехническими рисками, могут привести к значительным последствиям, как экономическим, так и экологическим. Для успешной реализации строительных проектов в таких условиях необходимо применять специализированные методы и технологии для предотвращения этих рисков.

Основные геотехнические риски, связанные с использованием слабых грунтов, включают подвижки почвы, оседания, повышение уровня грунтовых вод, а также деформации, связанные с нарушением устойчивости фундамента. Эти проблемы требуют тщательного анализа и применения соответствующих методов минимизации, учитывающих как характеристики грунтов, так и климатические особенности региона. Слабые грунты включают глинистые и суглинистые почвы, торфяники, а также искусственно измененные или загрязненные грунты. Основные геотехнические риски, которые возникают при строительстве на таких грунтах:

Оседание и просадка: глинистые и суглинистые почвы под воздействием нагрузки склонны к значительным деформациям. Оседание может быть как временным, так и долговременным, что негативно сказывается на устойчивости зданий и сооружений.

Нарушение устойчивости фундамента: недостаточная несущая способность слабых грунтов может привести к деформациям фундамента или его полному разрушению.

Гидрогеологические риски: в условиях повышенной влажности или вблизи водоемов грунты могут испытывать дополнительные нагрузки, что

может привести к просачиванию воды в подземные конструкции или деформациям строительных объектов.

Капиллярное поднятие воды: влажные грунты склонны к капиллярному поднятию воды, что может создать дополнительные нагрузки на фундаментные конструкции и вызвать их разрушение.

Для минимизации геотехнических рисков при строительстве на слабых грунтах используются различные методы укрепления и стабилизации. Наиболее распространенные из них:

Свайные фундаменты: для передачи нагрузки на более прочные слои грунта применяется свайная технология. В Казахстане свайные фундаменты используются при строительстве как жилых, так и промышленных объектов в регионах с высокими рисками просадки грунтов.

Инъекционные технологии: методы инъекционного укрепления грунтов (цементация, силикатизация и др.) позволяют повысить прочностные характеристики слабых грунтов. Эти методы успешно применяются в таких регионах Казахстана, как Павлодарская и Костанайская области, где наблюдаются значительные деформации грунтов.

Геосинтетические материалы: использование геотекстилей и георешеток для усиления и стабилизации грунтов. В Казахстане применение геосинтетиков активно развивается, особенно в районах с нестабильными почвами, таких как Алматы и Атырау.

Заглубление фундамента: в некоторых случаях для предотвращения оседания фундамента целесообразно заглубление его в более прочные слои грунта. Этот метод применим в районах с высокими уровнями грунтовых вод и слабой верхней частью грунтов.

Вакуумная стабилизация: современный метод, использующий вакуум для удаления воды из пористых грунтов, что способствует их укреплению и улучшению несущих характеристик.

В качестве примера успешного применения методов минимизации геотехнических рисков можно привести строительство нефтехимического завода в Атырау, где использовалась технология вакуумной стабилизации для укрепления торфяных и глинистых слоев грунта. Применение данной технологии позволило добиться высокой несущей способности грунта при минимальных затратах.

Для оптимизации процессов строительства на слабых грунтах в Казахстане рекомендуется учитывать следующие аспекты:

Местные особенности грунтов и климата: каждая географическая зона Казахстана имеет свои уникальные характеристики грунтов, которые следует учитывать при проектировании и строительстве; Инновации в геотехнике: внедрение новых технологий, таких как инъекционное укрепление, использование геосинтетиков и вакуумная стабилизация, позволит снизить риски и повысить эффективность строительства.

Тщательные геотехнические исследования: проведение детальных исследований грунтов на стадии проектирования помогает точно оценить риски и выбрать оптимальные методы укрепления. Анализ геотехнических рисков при строительстве объектов на слабых грунтах показывает, что использование современных методов укрепления грунтов является эффективным способом минимизации возможных проблем. Применение инновационных технологий и комплексный подход к проектированию обеспечивают стабильность и безопасность строительных объектов, что особенно важно в условиях Казахстана, где разнообразие геологических и климатических факторов требует индивидуального подхода.

В Казахстане значительная часть территорий характеризуется наличием слабых грунтов – лессов, суглинков, торфяников и засоленных почв. Согласно данным Института геотехники РК, около 35% новых строительных площадок располагаются на потенциально нестабильных грунтах. Особенно актуальна эта проблема в регионах Центрального, Южного и Западного Казахстана.

Геотехнические риски: оседания до 15–30 см на участках с глинистыми и торфяными грунтами без предварительной стабилизации; просадка лессовых грунтов может достигать 10–20% от общей толщины слоя; подъем уровня грунтовых вод в период весеннего паводка до 1,2–2,0 м.

Пример из казахстанской практики: многофункциональный жилой комплекс в Алматы (2022): На площадке с торфяными и глинистыми грунтами (с несущей способностью менее 0,8 кг/см²) применена технология буронабивных свай длиной 18 м с инъекционной цементацией. Результат: снижение осадок фундамента с проектных 18 см до 4,7 см.;

Пример расчёта оседания для строящегося ЖК в Караганде:

Формула Терцаги:

$S = (q * H / ((1 + e_0) * \sigma_0)) * C_s * \log((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0)$. Дано:

- $q = 100$ кПа; - $H = 10$ м; - $C_s = 0.25$; - $\sigma_0 = 50$ кПа; - $\Delta\sigma = 50$ кПа; $S \approx 7.6$ см без укрепления. После силикатизации: $C_s = 0.10 \rightarrow S \approx 3.1$ см.

Снижение риска более чем в 2,5 раза.

В условиях разнообразия климатических и геологических условий Казахстана такие подходы обеспечивают безопасность, устойчивость и долговечность объектов строительства.

Список использованных источников:

1. Бейсембаев, М.К. Геотехнические риски и методы их минимизации в строительстве. – Алматы: ҚазҰУ, 2017.
2. Султанов, К.А. Технологии укрепления грунтов в строительстве. – Алматы: КазГАСА, 2019.
3. Рахимжанов, Б.К. Влияние климатических факторов на геотехнические риски в Казахстане. – Караганда: КарТУ, 2020.
4. Жумабаев, А.К. Геосинтетики в строительстве. – Астана: Нархоз, 2018.

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF TECHNOGENIC TAILINGS AS A COMPONENT OF THERMAL INSULATION BUILDING MATERIALS

In the context of depleting natural resources and increasing environmental safety requirements in construction technologies, there is growing interest in the use of secondary technogenic materials. One such type of waste is ore enrichment tailings—residual products of mineral processing that accumulate in large volumes and pose environmental risks. This study explores the potential of lead-zinc ore tailings, of technogenic origin, as a mineral component in thermal insulation building materials.

The main goal of this research is to comprehensively evaluate the physical, chemical, and thermal properties of technogenic tailings and determine their suitability as substitutes for traditional mineral fillers. The article presents an analytical review of current literature on the recycling and application of industrial waste in the construction industry, with a focus on insulation materials. Key mechanisms of interaction between tailings and binders are examined, and the structural and porosity features of the resulting composites are discussed [1].

A comparative analysis is conducted to highlight the advantages and limitations of tailings usage, including improved environmental conditions through waste reclamation, cost reduction, decreased consumption of natural raw materials, and a smaller carbon footprint. Potential challenges—such as chemical instability, the need for preprocessing, and compositional standardization—are also considered. The comparative thermal and physical properties of various insulation materials are summarized in Table 1.

Table 1 – Comparison of Thermal, Physical Properties of Insulation Materials

Material Type	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Compressive Strength, MPa
Tailings-based composite (theoretical)	450–650	0.09–0.13	2.5–4.0
Aerated concrete	400–600	0.10–0.16	2.0–3.5
Foam glass	150–300	0.04–0.08	0.8–1.5
Perlite-based insulation	100–200	0.04–0.06	0.5–1.2
Mineral wool	30–80	0.035–0.045	—

Based on the findings, the study substantiates the feasibility of incorporating ore enrichment tailings into the production of lightweight building

blocks and panels with reduced thermal conductivity. The paper also outlines future research directions, including numerical modeling, experimental validation, and economic assessments for industrial-scale implementation.

The results may serve as a foundation for the development of a new class of energy-efficient and environmentally friendly materials utilizing industrial waste, contributing to the advancement of green construction and sustainable development principles.

Technogenic waste generated during ore enrichment processes has long been one of the most pressing environmental issues in mining regions. According to Kuznetsov et al. (2020), the annual accumulation of tailings amounts to millions of tons, while only a small fraction is reused. Lead-zinc processing tailings are of particular interest due to their fine particle size, homogeneity, and the presence of stable mineral phases such as quartz, feldspars, and residual sulfides.

Several researchers emphasize the high potential of tailings in the construction sector. For example, explore the use of tailings in concrete, brick, and lightweight block production. However, they stress the importance of carefully selecting binder types and thermal treatment conditions, as the chemical inertness and residual toxicity of some tailing components may affect the final product's performance. Research on the thermal insulation properties of tailings-based composites is relatively limited, yet initial findings are promising. In particular, the study by Murtazaev et al. (2021) examined a porous composite made from tailings activated by an alkaline binder. The resulting samples demonstrated thermal conductivity in the range of 0.08–0.12 W/(m·K), comparable to aerated concrete [2].

Additionally, various methods of modifying the structure of tailings are being investigated, including blending with fly ash, blast furnace slag, foaming agents, and microsilica. These methods help regulate the porosity and density of the final composite [Li et al., 2020]. Utilizing tailings helps reduce raw material costs, reclaim land occupied by tailings storage facilities, and minimize the release of dust and heavy metals into the environment [3].

In summary, the literature review supports the high potential of ore enrichment tailings as a component of thermal insulation construction materials, though further in-depth theoretical and practical studies are needed.

List of sources used:

4. Gencel O., Brostow W., Ozel C., Filiz M. Properties of concrete containing waste expanded perlite and mineral additives // *Construction and Building Materials*. — 2019. — Vol. 38. — P. 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.10.003>
5. **Муртазаев К.Х., Магомедов М.М., Абдурагимов А.А.** Исследование теплоизоляционных свойств композитов на основе техногенных отходов // *Вестник МГСУ*. — 2021. — № 5. — С. 102–109.
6. Li J., Wang X., Zhang Y. Utilization of lead–zinc tailings for the production of construction materials: A review // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — Vol. 268. — Article ID 122224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122224>
7. Хлыстов В.И., Лукьянова А.В. Использование техногенных отходов горнорудной промышленности в строительстве: экологические и технологические аспекты // *Вестник строительной науки*. — 2020. — №6. — С. 33–41.
8. Petrov V.A., Ivanova E.N. Recycling of mineral processing waste in the production of building

USE OF SECONDARY POLYMER MATERIALS TO INCREASE THE
DURABILITY AND STRENGTH OF ROAD PAVEMENTS

The selection of polymer materials for road construction should be based on their rheological properties, such as elasticity and resilience, which determine pavement behavior under traffic loads and temperature fluctuations. The introduction of various fillers, including polymer additives, significantly increases the wear resistance of the pavement and improves tire adhesion, which is especially important under heavy traffic conditions.

One of the main causes of asphalt pavement aging is ultraviolet radiation. The use of special additives that increase UV resistance helps protect the material from photodestruction, thereby extending its service life. Regular monitoring of road structures enables timely responses and technological adjustments. Various types of polymers are used in road material production. Thermoplastics such as polypropylene and polyethylene are highly elastic and abrasion-resistant; in addition, polypropylene possesses anti-friction properties. Epoxy resins are used to create moisture-resistant layers and demonstrate strong adhesion to mineral components. Silicone compounds serve as sealants and exhibit high resistance to chemical and temperature effects. The Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) modifier is considered one of the most effective, as it significantly enhances the pavement's resistance to deformation and cracking [1].

Asphalt concrete mixtures are modified through the introduction of SBS and other elastomers, improving tensile strength, crack resistance, and chemical durability. Adhesion additives enhance bonding between components and water-repellent properties [2]. Methacrylates contribute to pavement longevity under humid and variable climates, while vinyl chloride compounds increase frost resistance and mechanical strength at low temperatures. Proper distribution of components during pavement laying requires strict adherence to temperature regimes and mixing technology. This minimizes defect formation and promotes uniform property distribution throughout the pavement thickness. Key advantages of polymer modifications include weather resistance, reduced cracking, improved strength characteristics, chemical resistance to salts, petroleum products, and other aggressive substances, as well as cost-effectiveness expressed in reduced maintenance and repair expenses [3].

Modern technologies make it possible to significantly improve pavement quality using secondary polymers. We conducted research on asphalt concrete mixture modification using secondary polyethylene in the form of used greenhouse films, household bags, bottles, and other polyethylene production waste.

The tests were carried out at the branch of the RSE on REU "National Center for the Quality of Road Assets" for the East Kazakhstan region. The composition of the mixture with polymer waste (by bitumen mass) is shown in Table 1, and the test results are shown in Table 2.

Table 1. Mixture Composition (Polymer SMA-20)

Component	Unit	Sample № 1	Sample № 2
Crushed stone 10–20 mm	%	65	65
Crushed stone 5–10 mm	%	14	14
Screening 0–10 mm	%	12	12
Mineral powder MP-1	%	9	9
Stabilizer (Topcel)	%	0.3	0.3
Viscous bitumen BND 100/30	%	5.2	5.2
Bitumen additives (by bitumen mass):			
Adhesion agent (AlfaDOP)	%	0.4	0.4
Polymer (70/30) (50/50)	%	8	8

Table 2. Test Results

Indicator	Normative Requirements	Actual Results	
		№ 1	№ 2
Mineral part porosity, %	15 to 19	15.23	15.41
Residual porosity, %	2 to 4.5	4.02	4.12
Water saturation by volume, %	1 to 4.0	2.8	2.5
Compressive strength, MPa:			
at 20°C	≥ 2.8	2.9	2.2
at 50°C	≥ 1.0	1.1	0.9
Crack resistance (splitting strength) at 0°C, MPa	≥ 3.0, ≤ 6.5	3.3	3.9
Water resistance (prolonged saturation)	≥ 0.85	0.89	0.9
Binder drainage, %	≤ 0.2	0.09	0.1
Average density of compacted mix, g/cm ³	Not standardized	2.56	2.54

The addition of polymers to asphalt mixtures enhances interfacial adhesion and improves mechanical strength, making it an environmentally and economically sound solution [4]. “Dry” and “wet” mixing technologies allow adjustment of mixture viscosity and adaptation to specific climatic and operational conditions. The implementation of automated quality control systems ensures real-time monitoring of parameters such as temperature and humidity, contributing to pavement performance consistency throughout production and laying stages.

The integration of polymer materials into road construction technologies enables the creation of pavements resistant to external factors, mechanical loads, and aging [5]. A comprehensive approach to the selection and application of secondary polymers, as well as the use of modern mixing and laying methods, ensures significant improvement in the quality and reliability of road infrastructure. A promising direction is the further development of scientific research aimed at optimizing compositions and introducing new types of modifiers that meet modern operational and durability requirements.

References

1. Bakirbayeva, A., Rakhimov, M., Abubikirova, Z., Aldungarova, A., Menendez, I., & Mukhambetkaliev, K. (2024). Impact of pavement quality on improving logistics schemes in the transportation industry. In *Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI 2024)* (pp. 157–161). Karaganda, Kazakhstan. <https://doi.org/10.1109/LINDI2024.2024.000822>
2. Bakirbayeva, A.A., & Rakhimov, M.A. (2024). Improving the quality of road pavements through the use of polymers. In *Proceedings of the XVI Saginov Readings: Integration of Education, Science, and Industry* (in Russian). Karaganda, Kazakhstan.
3. Tulebekova, A., Kusbergenova, Zh., Aldungarova, A., & Bakirbayeva, A. (2022). Peculiarities of bitumen testing methods. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Technical Sciences and Technologies*, (4)141 (in Russian).
4. Zhumagulova, A.A., Dyusembinov, D.S., Sabitov, E.E., Alshinbayeva, A.M., Bakirbayeva, A.A., & Shakhmov, Zh.A. (2024). Influence of modifiers on the properties of asphalt concrete mixtures for road pavements in Kazakhstan. *Scientific Journal "Mechanics and Technologies" (Vestnik TarGU)* (in Russian).
5. Zhumagulova, A.A., Dyusembinov, D.S., Rakhimova, G.M., Kozhakhmet, A.M., & Bakirbayeva, A.A. (2024). Modifiers of asphalt concrete mixtures for road pavements. *University Proceedings*, (3)96 (in Russian).

SME CONTRACTOR MULTI CRITERIA BUSINESS MODEL ON ADAPTATION OF CONSTRUCTION INDUSTRY REVOLUTION 4.0 IN MALAYSIA: A PILOT INSTRUMENT

1. Introduction

Construction Industry now facing Industry Revolution 4.0 globally, where it needs to be transformed to adopt and adapt and not left behind by this revolution. New technologies and digitalisation in construction industry innovating the whole traditional cycle that world had witnessed before this. As one of the sophisticated industry and contributing largely to national GDP, Small medium enterprises (SME) plays vital role to adopt the changes in this revolution. Since year 2011, when IR4.0 was first introduced in Germany, until today, thousands of journal and conference papers published relating to this IR4.0. But, very less published pertaining to construction SME and business model. Construction 4.0 is established to align the way forward Construction IR4.0 in Malaysia. This action plan of sophisticated Construction 4.0 gives challenges to Small Medium Enterprises (SME) contractors adopting the changes in this revolution. The SME contractors run their businesses with very limited resources and finances, thus, their business model has to consider investing in new Construction 4.0 technologies. The existing SME contractor's business model essentially needed evaluation to stay relevant in this Construction 4.0 demand. Thus, this study aims to determine the current business model among the SME contractors and the level of adoption of construction 4.0 technologies. Scope of survey was limited to SME contractors in Klang Valley, Malaysia and SME contractors that registered under Construction Industry Development Board (CIDB). Research design for this research is quantitative method with survey as the research instrument is a questionnaire at the pilot stage of the instrument design.

A business model is a strategy used by the company to make a profit from a service or product. It's the plan that the company uses to monetize business activities. Business models can differ depending on the market and type of offered products/services. Current business model literature sees the concept as an essential part of successful business, as its main purpose is to separate a company from others and to give it an advantage in regard to its competitors (Teece, 2018). A business model defines the way a company operates, how it creates value for its customers and how it captures value from its operations to make a profit. In the last 15 years, much literature has developed around the concept of the business model (Lanzolla & Markides, 2021). Osterwalder (20029) have developed and published a business plan model called Business Model Canvas (BMC). The content of this one is not a new approach as the topics are the same as most entrepreneurship literature suggest as content for a start-up company business plan (Frick & Ali, 2013). BMC has been widely adopted by practitioners and researchers. Given its wide adoption and ease of use for multiple types of users,

the business model canvas is an ideal foundation to expand upon by integrating sustainability (Joyce & Paquin, 2016).

2. Pilot Study of the Questionnaire (Instrument)

Pilot studies can serve many purposes. Pilot study can be an assessment of (a) feasibility, (b) adequacy of instrumentation, and (c) problems of data collection strategies and proposed methods, (d) answering methodological questions, (e) planning a larger study and (f) obtaining sufficient preliminary data to justify a grant award (A & El-masri, 2005). A set of questionnaires was prepared as a data collection instrument for this pilot study. The questionnaire consists of 2 sections, where section A is all about demographic information and section B is related to objective of this research. As rule of thumb suggest sample size for pilot study is 12 pax (Julious, 2005), in which this study choose 15 respondents to participate this questionnaires. These 15 respondents are from various trades in construction. Below Table 1 explained the Construction related businesses of respondents.

Table 1: Trades of Respondents

No.	SME Name	Trades	No.	SME Name	Trades
1	Sintenjaya Sdn Bhd	Earthwork	9	See Ma Piling	Piling works
2	Site Exploration Sdn Bhd	Soil investigation	10	Tahap Sedaya	Road works
3	Insirasi Sdn Bhd	Road painting	11	EV Tech Sdn Bhd	Gross pollutant tank
4	Tru Testing Sdn Bhd	Testing lab	12	MYG Construction Sdn Bhd	TNB substation
5	Lico Iron Works Sdn Bhd	Iron works	13	Bersatu Electrical Sdn Bhd	Electrical works
6	Cistrume Piling Sdn Bhd	Piling	14	ESM Sdn Bhd	Traffic lights
7	Netspek Sdn Bhd	CCTV	15	Master Green Sdn Bhd	Turfing works
8	P&G Construction	Drainage works			

3. Analysis of criteria that lead to the establishment of positive project delivery on construction IR 4.0 multi criteria business model for SME contractor.

The data collected was analysed using descriptive and inferential statistics with the help of the “Statistical Package for Social Studies (SPSS) and Microsoft Excel (MS Excel)”. The research analysed the data using proposed tools and results recorded in the form of tables Descriptive statistics was used to generate frequencies, proportions, tables that involved measured of means, ranges. Table 2(a) and 2(b) portrayed the results of the opinion from the respondents

4. Conclusion

To achieve the objective simultaneously, the questionnaire developed in the matrix format. Y-axis represent the business model elements and X-axis represent business model criteria. There are 5 business model elements with all elements have their own sub-elements. And, for business model criteria, there are 9 criteria. Under the manpower element, listed 7 sub-elements. There are adequate number of workers for each task, skilful workers, legal workers, and high cost of labour, shortage of technical personnel, severe overtime and short of site workers. Respondents selected between least adopted and moderate adopted as the mean reading ranging from 0 to 2. Construction 4.0 basically affected all the stakeholders in the industry, can be the developers, consultants or contractors. All of these stakeholders mandatorily need to adopt the changes created by the revolution, in the order to survive. Small medium enterprise (SME) contractors not exempted from this. Gigantic contractors might not face many obstacles to sustain thru this revolution due to their financial backup. But, for SME, (categorised as Grade1, 2, 3, 4, 5 under CIDB Malaysia) it is a big issue because their business mainly depends on the localised finance supports. The SME contractor have to take some steps to able face the revolution. One of it is, upgrading of their existing business model. At end of this thesis, SME contractors will gain some new knowledge on how to alter and enhance their business model, to ready face the Construction 4.0 revolution. Clearly this paper will help the scholars and industry players to understand how the Industry Revolution 4.0 significantly affect construction industry, SME and their business model.

References

- 1.Ã, S. M. F., & El-masri, M. M. (2005). Focus on Research Methods Handling Missing Data in Self-Report Measures. January, 488–495. <https://doi.org/10.1002/nur>
- 2.Frick, J., & Ali, M. M. (2013). Business model canvas as tool for SME. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 415, 142–149. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41263-9_18
- 3.Joyce, A., & Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474–1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>
- 4.Julious, S. A. (2005). Sample size of 12 per group rule of thumb for a pilot study. *Pharmaceutical Statistics*, 4(4), 287–291. <https://doi.org/10.1002/pst.185>
- 5.Lanzolla, G., & Markides, C. (2021). A Business Model View of Strategy. *Journal of Management Studies*, 58(2), 540–553. <https://doi.org/10.1111/joms.12580>
- 6.Osterwalder, A., and Pigneur, Y. (2009), *Business Model Generation*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ.
- 7.Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.007>

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ.

Монолитные железобетонные конструкции широко применяются в жилом строительстве благодаря высокой прочности и долговечности. Однако в процессе эксплуатации они подвергаются воздействию различных факторов — длительным нагрузкам, агрессивной среде, сейсмическим колебаниям и конструктивным ошибкам, что приводит к снижению несущей способности, образованию трещин и коррозии. Особенно актуальной становится проблема усиления конструкций в сейсмоопасных регионах и при реновации жилого фонда, где повышаются требования к надежности и безопасности.

Современной альтернативой традиционным способам усиления, таким как обетонирование и установка металлических элементов, становятся композитные материалы — фиброармированные пластики (FRP). Эти материалы обладают высокой прочностью, устойчивостью к коррозии, малым весом и удобством монтажа. Применение углеродных, стеклянных и арамидных волокон в виде лент или сеток позволяет эффективно повышать несущую способность железобетонных элементов без значительного утяжеления и увеличения размеров конструкции, что особенно важно при реконструкции действующих зданий.

Наиболее перспективной альтернативой традиционным методам является использование фиброармированных пластиков (FRP) — композиционных материалов, армированных углеродными, стеклянными, арамидными или базальтовыми волокнами. Их применение позволяет выполнять наружное армирование железобетонных элементов, значительно повышая прочность, жёсткость и трещиностойкость конструкции при минимальной трудоёмкости.

FRP применяются как в виде оборачивающих тканей и сеток, так и в виде ламинатов — жёстких полос с однонаправленным или двунаправленным армированием. В зависимости от цели усиления, применяются различные схемы: оборачивание сжатых элементов (колонн), наклейка лент на растянутую зону изгибаемых элементов (балок и плит), наклонное или вертикальное армирование при поперечной силе, перекрёстное армирование плит по двум направлениям и др.

Проектирование железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиковыми материалами (FRP), требует комплексного подхода, учитывающего взаимодействие между бетонной основой, стальной арматурой и внешним композитным слоем. Главная цель расчёта — определение предельной несущей способности элемента и

предупреждение таких форм разрушения, как сжатие бетона за пределом прочности или отрыв FRP от поверхности.

В настоящее время применяются два основных подхода к расчёту: **метод предельного равновесия и деформационная модель.**

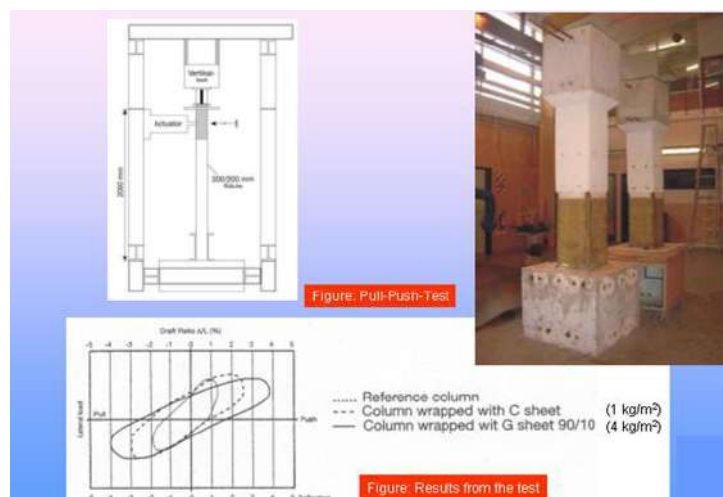


Рисунок 1 - Испытание колонн, усиленных фиброармированными сетками

Метод предельного равновесия. Этот метод традиционно используется в инженерной практике стран СНГ. Он базируется на анализе напряжённого состояния в нормальном сечении конструкции при достижении предельных состояний. Основные допущения включают: растянутая зона бетона не учитывается; сжатая зона рассматривается с равномерным распределением напряжений; усилия в арматуре и FRP не превышают расчётных сопротивлений; деформация клеевого слоя между FRP и бетоном не учитывается.

Подбор площади внешнего армирования FRP осуществляется итерационно. Задаётся начальное значение площади, затем рассчитываются напряжения, и при необходимости площадь корректируется. Важнейшим критерием в расчёте является предотвращение отрыва FRP, который может произойти при превышении предельной деформации и потере сцепления с бетоном. В таких случаях расчётные напряжения в FRP ограничиваются значениями, обеспечивающими безопасную работу системы.

Основные особенности: учитывается начальное напряжённое состояние конструкции до усиления; расчёт проводится поэтапно: сначала определяется поведение до усиления, затем — после приклеивания FRP; возможен анализ прогибов, раскрытия трещин и кривизны элементов.

Модель позволяет точно определить несущую способность и эксплуатационные характеристики, особенно в условиях усиления действующих конструкций.

Современное строительство требует повышения надежности железобетонных конструкций, особенно в сейсмически активных регионах.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности усиления сжатых и изгибаемых элементов с применением фиброармированных пластиков (FRP), таких как S&P C Sheet 240 и S&P Laminate CFK, при различных типах нагрузок (квазистатических, динамических, циклических).

Экспериментальная программа включала испытания призматических и цилиндрических бетонных образцов, а также железобетонных балок с различной схемой армирования. Осуществлялись испытания на сжатие, изгиб, внецентренно-нагруженные состояния. Использовались тензодатчики, микроскопы для измерения трещин, прогибомеры и электронные системы регистрации. Часть образцов усиливалась одно- и многослойными FRP-обмотками, остальные использовались в качестве контрольных.



Рисунок 2 - Испытание образца ламината S&P S&H Laminate CFR 150/200

Результаты показали значительное повышение несущей способности и деформативной устойчивости элементов при использовании FRP, особенно при циклических нагрузках. Было выявлено влияние количества слоёв армирования, возраста бетона и схемы приложения нагрузки. Разработаны рекомендации по усилению конструкций для сейсмоопасных и обычных условий эксплуатации.

Список использованных источников

1. *Альзамли Х.Х., Эльшейх А.М. Характеристики железобетонных элементов, усиленных углепластиком CFRP, при повышенных температурах. 2023. – 502 с.*
2. *Ilyas R.A., Sapuan S.M., Bayraktar E., Abu Hassan S., Hayeemasae N., Shaker K. Fiber Reinforced Polymer Composites: Mechanical Properties and Applications. 2023 – 226 с.*
3. *Guo R., Wang B., Yang M., He W., Zhang C. Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites for Construction. 2025- 224 с.*
4. *Римишен В.И., Трунтов П.С. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами с учетом карбонизации бетона. 2023 – 178 с.*

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ СЛОЕМ ВЫСОКОПОРИЗОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

В условиях современного строительства, ориентированного на ресурсосбережение и экологичность, основными приоритетами становятся экономическая эффективность, высокие темпы возведения объектов, а также долговечность зданий и сооружений. Для достижения этих целей активно внедряются инновационные строительные материалы, соответствующие требованиям действующей проектной и нормативной документации [1].

Применение таких материалов позволяет существенно снизить перерасход строительного сырья и трудоёмкость строительного процесса, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности ценообразования строительных конструкций [2,3]. Особую роль в обеспечении энергоэффективности зданий и комфортных условий внутри помещений играют стеновые панели.

Научное сообщество активно исследует эту область. Так, ещё в 1990-х годах в работе [4] были проведены эксперименты по изучению свойств затвердевшего бетона, содержащего гранулы химически обработанного пенополистирола. Установлено, что соотношение воды и цемента оказывает существенное влияние на прочность, жёсткость и химическую стойкость такого бетона. На основе этих исследований были выведены эмпирические уравнения, позволяющие предсказать модуль упругости на основе прочностных характеристик.

Современные исследования также подтверждают перспективность использования пенополистирола в ограждающих конструкциях. Например, в работе [4] теоретически и экспериментально доказана высокая эффективность панелей с содержанием полистирола в условиях жаркого климата. Комплексный подход позволил установить, что такие панели способствуют снижению стоимости жизненного цикла зданий, выбросов углекислого газа и эксплуатационного энергопотребления [3].

Кроме того, установлено, что производство пенополистирольного бетона является экологически безопасным, так как способствует утилизации отходов пенополистирола — материала, не разлагающегося естественным путём.

Проведенный обзор исследований свидетельствует о наличии ряда проблем в исследованиях, проведенных ранее, так как отсутствует

комплексность полученных результатов. В одних случаях, к примеру проводятся исследования тепловой эффективности и себестоимости применением различных добавок и решений, а других прочностных характеристик подобных конструкций. Для решения имеющихся проблем, нами была предложена технология изготовления трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем с высокопоризованным полистиролбетоном.

Для изготовления стеновой панели были использованы: портландцемент, доменный шлак в качестве композиционно вяжущего к цементу; воздухововлекающая добавка, суперпластификатор с водоредуцирующими свойствами, щебень, песчано-гравийная смесь с местного карьера, вода затворения.

Из-за высокого содержания оксидов кальция, кремния и алюминия (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO), бетон с содержанием доменного шлака становится более устойчив к агрессивным средам (щелочей, солей и кислот).

На рисунке 1 схематично представлено изделие, изготавливаемое по предлагаемой технологии:

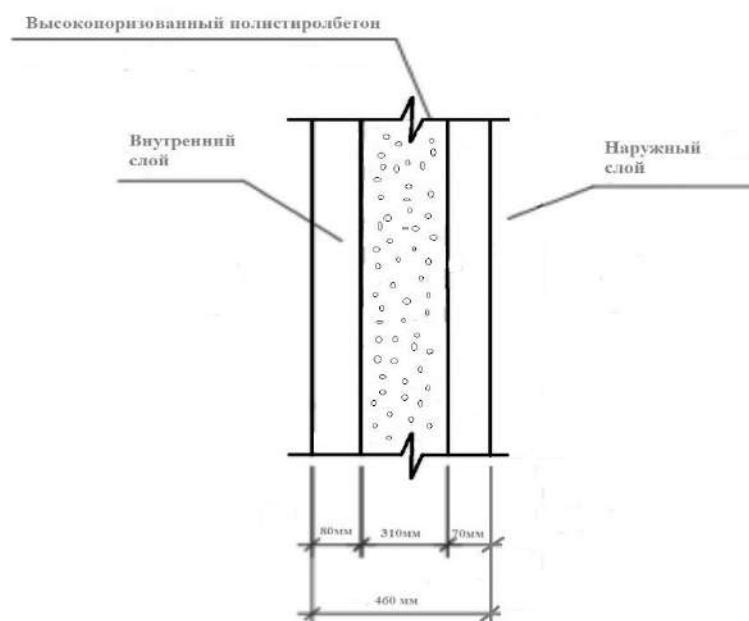


Рисунок 1 – Стеновая панель с теплоизоляционным слоем высокопоризованного полистиролбетона

Преимущества механических и теплофизических характеристик всех слоев предлагаемой панели были исследованы в аккредитованной лаборатории и имеют основания ее альтернативного применения. Существующая технология требует некоторого ручного труда по сравнению с предлагаемой, например, установка связей и укладка пенополистирольной плиты. Сравнительная временная характеристика существующей и предлагаемой технологий приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели технологий изготовления стеновых панелей

№	Показатель	Существующая технология	Предлагаемая технология
1	Сцепление слоев	Необходимо наличие связей	Плотное прилегание слоев
2	Время от начала до конца изготовления изделий	19,5 часов	19,5 часов
3	Прочность ТИ слоя	-	B1,5
4	Теплоизоляционные функции изделия	Возникновение мостиков холода за счет неполного сцепления полистирольной плиты с бетоном	Отсутствие МХ за счет сцепления двух видов бетона
5	Полностью автоматизированный процесс	Требуются рабочие для установки связей и ППС плит	да
6	Горючесть ТИ слоя	Г4(сильно горючий)	Г1(стойкое к возгоранию)
7	Токсичность ТИ слоя	Токсичен	Менее токсичен, за счет меньшего содержания ППС

В изготавливаемых панелях в качестве теплоизоляционного слоя применяется высокопоризованный полистиролбетон. Это означает, что помимо полистирола в его составе, дополнительные поры в цементном камне образуются за счет вводимой добавки. Аэротация бетона происходит за счет химических реакций, в ходе которых появляются пузырьки воздуха в бетонной смеси

Выводы и результаты:

1) Воздухововлекающая добавка позволяет увеличить количество пор на 1,5-2 %

2) Результаты механических испытаний на гидравлическом прессе показали, что бетон набирает требуемый класс прочности и соответствует нормативной документации.

3) Результаты теплофизических испытаний показали целесообразность использования предлагаемого высокопоризованного полистиролбетона с точки зрения теплопроводности и паропроницаемости.

4) Установлено, что сцепление слоев ВППБ и тяжелого бетона выше, чем тяжелого бетона с ППС

5) Новая технология позволяет сделать процесс более автоматизированным, а также уменьшить трудоемкость процессов

References

1.Lopes, G.C.; Vicente,R.; Azenha,M.;Ferreira,T.M. A systematic review of prefabricated enclosure wall panel systems: focus on technology driven for functional requirements.Sustainable Cities and Society. 2018, 40,688-703. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.027>

Efficient Multi-Layer Wall Panel

2.Sizov, V. D.; Pavlovskaya, A.V. Efficient Multi-Layer Wall Panel. Science and Technique. 2022,21 (5),410–418. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-21-5-410-418>

3.Blazhko, A.A.A Three-Layer External Wall Panel.Housing construction. 2015,10, 31-33. <https://cyberleninka.ru/article/n/trehsloynnaya-naruzhnaya-stenovaya-panel>(accessed on 27 March 2025)

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Разработка методов автоматизированного проектирования металлических конструкций требует учета современных технологий и подходов, позволяющих значительно улучшить процесс проектирования. Совсем недавно появились статьи, подчеркивающие значимость интеграции искусственного интеллекта (ИИ), расширенной реальности и 3D-печати в сферу автоматизированного проектирования. Эти технологии открывают новые горизонты для оптимизации проектных решений, что позволяет не только улучшать качество конструкции, но и эффективно управлять затратами на их создание.

Искусственный интеллект в проектировании становится важным инструментом, способным превращать идеи в реализуемые проекты с меньшими временными затратами. Он помогает обнаруживать и исправлять ошибки на этапе проектирования, что существенно снижает риск недоработок. Использование расширенной реальности здесь играет дополнительную роль. Интерактивные трехмерные модели позволяют проектировщикам анализировать конструкции более детально, что может привести к более обоснованным решениям при проектировании.

Интеграция программного обеспечения, такого как Tekla Structures и ЛИРА-САПР, в процесс проектирования металлических конструкций дает возможность существенно ускорить создание и анализ проектной документации. Эти системы позволяют быстродействовать в создании аналитических моделей, что в свою очередь улучшает производительность и повышает точность расчетов. Оценка экономичности таких подходов, безусловно, важна, поскольку она способствует более рациональному использованию ресурсов.

Параметризация проектирования также становится значительно более гибкой. Введение различных критериев оптимальности позволяет учитывать не только конструктивные параметры, но и стоимость, материалоемкость, а также другие важные аспекты. Ожидается, что практика применения 3D-печати в проектировании металлических конструкций также будет активно развиваться, предлагая новые методы быстрого прототипирования и производства уникальных элементов.

С развитием технологий и появлением компьютерных программ традиционные методы постепенно теряют свою актуальность. Тем не менее,

они продолжают использоваться в обучении и служат вспомогательными инструментами для проверки правильности расчетов, что подчеркивает их значимость в инженерной практике.

Основным преимуществом традиционных методов является их простота и независимость от компьютерных технологий. Они позволяют инженеру глубже понять процесс расчета и применять интуитивный подход при решении нестандартных задач. К недостаткам традиционных методов можно отнести их трудоемкость и высокую вероятность ошибок, вызванных человеческим фактором. Кроме того, они менее адаптивны к изменению параметров конструкции и требуют значительного времени на выполнение сложных расчетов.

Сравнение точности расчетов показывает, что автоматизированные методы превосходят традиционные в среднем на 25%. Это связано с исключением человеческого фактора и использованием более сложных алгоритмов, которые учитывают множество параметров, недоступных в ручных расчетах.

Скорость выполнения расчетов с использованием автоматизированных методов значительно выше, чем при ручных расчетах. Например, сложные конструкции, требующие нескольких недель работы вручную, могут быть рассчитаны за несколько часов с помощью современных программных решений.

Традиционные методы демонстрируют меньшую эффективность в сложных условиях, таких как динамические изменения параметров конструкции или необходимость интеграции расчетов с моделированием. При этом потребность в оценке надежности, моделировании поведения и оптимизации конструкции возникает не только на этапе ее проектирования, но и при обследовании изменений в процессе эксплуатации и при разработке способов усиления и восстановления конструкций. Автоматизированные методы, напротив, отличаются высокой адаптивностью и позволяют инженерам оперативно реагировать на изменения, что делает их предпочтительным выбором.

Таким образом, дальнейшие исследования в области автоматизированного проектирования могут сосредоточиться на более глубоком изучении этих технологий и их комбинирования. Возможность адаптировать существующие методы к новым требованиям и применять инновационные подходы будет способствовать созданию более эффективных и экономически обоснованных решений в сфере металлических конструкций.

Список использованной литературы:

1. Скачков С.В. Особенности автоматизированных расчетов элементов из тонкостенных стальных профилей // Вестник евразийской науки. 2012. №3 (12).
2. Василькин А.А. Оптимизация стальных конструкций с использованием САПР // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. №1 (54).

ТҰРҒЫН ҮЙДІҢ ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН БАҚЫЛАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

Тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларында сапа көрсеткіштерін бақылау, деформацияларды талдау және құрылымның қызмет жарамдылық мерзімін болжау – қауіпсіздік пен ұзақ мерзімділікті қамтамасыз етудегі маңызды міндеттер. Осы мақсатта инженерлер әртүрлі есептеу әдістерін қолданады: классикалық аналитикалық формулалар, эмпирикалық тәсілдер (тәжірибеге негізделген ережелер) және заманауи соңғы элементтер әдісі (Finite Element Method, FEM) негізіндегі сандық модельдеу. Бұл ғылыми баяндамада аталған әдістердің әрқайсысының сипаттамасы мен қолданылу аясы, олардың артықшылықтары мен шектеулері қарастырылады. Сонымен қатар тұрғын үй ТВ құрылымдарына қолдану ерекшеліктері, құрылымның қызмет мерзімін бағалаудағы әр әдістің үлесі және сапа бақылауы мен деформацияны талдау бойынша нақты мысалдар келтіріледі.

Соңғы элементтер әдісі – инженерлік есептерді сандық жолмен шешудің қуатты құралы. Бұл әдісте бүтін конструкция көптеген шағын элементтерге бөлініп, әр бөліктің теңдеуін шешу арқылы барлық құрылымның жуық шешімі табылады. FEM күрделі дифференциалдық теңдеулердің жабық түрдегі шешімі қиын жағдайларда тиімді қолданылып, құрылымның кернеулері мен орын ауыстыруларын анықтайды. Қазіргі кезде FEM негізделген бағдарламалар (мысалы, ANSYS, Abaqus, LIRA-САПР, т.б.) кең тараған. FEM көмегімен ғимараттың немесе құрылымның кеңістіктік моделін құрып, түрлі жүктемелер әсеріндегі күйін талдауға болады. Бұл әдіс арқылы күрделі пішіндегі элементтер, біртекті емес материалдар немесе сызықтық емес жұмыс тәртібі (наприклад, бетонның жарықшақтануы, арматураның аққыштыққа жетуі) ескеріле алады. Соңғы элементтер моделінде түрлі шекаралық жағдайлар мен жүктеме түрленімдерін қарастыруға мүмкіндік бар, сондықтан ол көп қабатты каркасты ғимараттар, көп пролетті тақталар, ерекше архитектуралық пішіндер сияқты күрделі конфигурациялы ТВ конструкцияларын талдауда кең қолданылады. Әсіресе FEM күрделі немесе стандартты емес жағдайларда таптырмас: мысалы, байланыс түйіндеріндегі беріктіктің жеткіліктілігін зерттеу, конструкциядағы арматура-бетон арасындағы адгезияның (байланыстың) үзілуі (сырғуы) сияқты құбылыстарды модельдеу мүмкіндігі бар. Жалпы, соңғы элементтер әдісінің қолданылу саласы өте ауқымды – жобалау кезеңіндегі есептеулерден бастап, дайын ғимараттың нақты мониторингіне

дейін (мысалы, арнайы датчиктерден алынған деректерді талдау үшін кері FEM модельдерін құру арқылы) пайдалануға болады [1].

Аналитикалық әдістер деп ғылыми теорияға негізделген, жабық түрдегі формулалар арқылы шешілетін классикалық тәсілдерді айтамыз. Инженерлік механика мен құрылыс статикасында бұларға Беркли арқалықтарының серпімді иілу теориясы, қысылған элементтердің Эйлер тұрақтылық формуласы, т.б. жатады. Аналитикалық есептер дифференциалдық теңдеулерді шешу немесе тепе-теңдік және үйлесімдік теңдеулерін қолдану арқылы орындалады. Мысалы, темірбетон арқалықтың ию кезіндегі көтергіштік қабілетін анықтау үшін ішкі күштердің тепе-теңдігі мен деформациялардың үйлесімділігі теңдеулері қолданылады. Мұндай есептеулерде бетон мен болаттың жұмыссыз қалу (бетонда жарықшақ пайда болу) алдындағы серпімді кезеңі, арматураның аққыштық шегі, бетонның қысымдағы беріктік шегі тәрізді нүктелер ескеріледі. Әдетте аналитикалық формулалар қарапайым шектік жағдайларға арналып шығарылған (мысалы, екі тіректі балка, консоль, біртекті материал, сызықтық серпімді модель). Сондықтан олардың қолдану аясы нақты алдын ала анықталған шекара шарттары мен жүктеме түрлерімен шектеледі. Дегенмен, тұрғын үй құрылысында жиі кездесетін типтік элементтер (аркалықтар, бағаналар, плита-тақталар) үшін әдебиеттер мен құрылыс нормаларында дайын аналитикалық тәуелділіктер беріледі. Инженерлер осы формулаларды пайдаланып, конструкция элементтерінің ішкі күштерін, орын ауыстыруларын, қима беріктігін жылдам есептей алады. Мысалы, нақтыланған кестелер арқылы темірбетон қиманың моментке кедергі қабілетін немесе көп пролетті тақтаның ең үлкен прогибін формуламен анықтау – жобалау тәжірибесінде кең таралған тәсіл. Аналитикалық әдістер әсіресе алдын ала жобалау сатыларында немесе қарапайым тексерулерде тиімді: есептеу жылдам, әдістеме түсінікті, және көбіне жеткілікті дәл нәтижелер береді. Зерттеулер көрсеткендей, дұрыс қолданған жағдайда аналитикалық есептеулер темірбетон құрылымдардың нақты жұмысын жақсы бейнелей алады: мысалы, бір еңбекте RC арқалықтың жүк-иілу қисығының аналитикалық есептеу нәтижелері тәжірибелік және сандық (FEM) нәтижелерімен жақсы сәйкестенген [1].

Эмпирикалық әдістер – тікелей теориялық емес, негізінен тәжірибелік деректер мен инженерлік тәжірибеге сүйенетін тәсілдер. Құрылыс саласында көптеген нормативтік ережелер мен қарапайым формулалар эмпирикалық жолмен алынған, яғни бұрын жүргізілген эксперименттік нәтижелерді өңдеу арқылы шығарылған. Мысалы, темірбетон элементінің көлденең күшке (күртетуге) сығымдау қабілетін анықтайтын классикалық формула (жолақ бетонның бойлық арматураға сүйену әсерін ескеретін) толықтай тәжірибе нәтижелерінен алынған эмпирикалық тәуелділік. Сол сияқты, асқан жүктемелер әсерінен конструкцияның жұмыс істеу қабілетін анықтауда да эмпирикалық

коэффициенттер қолданылады – оларды теориялық түрде дәл шығару қиын, бірақ көптеген сынақтардың қорытындысына сүйеніп эмпирикалық формула түрінде береді. Эмпирикалық дизайн түсінігі тарихи тұрғыда да белгілі: ұзақ уақыт бойы (XIX ғасырдың соңына дейін) ғимараттар негізінен жинақталған тәжірибеге қарап жобаланған. Бүгінгі күні эмпирикалық әдістер көбіне құрылыс нормаларында көрініс табады. Мысалы, тұрғын үй едендерінің пайдалану кезіндегі серпімді майысуын шектейтін талап – пролеттің ұзындығын белгілі бір коэффициентке бөлгенге тең мәннен ($L/250$ немесе $L/400$ сияқты) аспау қажет деген ереже – тәжірибеге негізделген эмпирикалық тәсіл. Сол сияқты, темірбетон элементтердегі жарық ені немесе деформацияның шекті мәндері де көптеген бақылаулар нәтижесінде белгіленген. Эмпирикалық әдістердің қолданылу саласы – жылдам баға беру қажет барлық жағдайлар: олар физикалық құбылыстарды күрделі есептеусіз, қарапайым тәуелділік арқылы бағалауға мүмкіндік береді. Практикалық инженерлер үшін ыңғайлы жылдам әдіс ретінде эмпирикалық модельдер жиі ұсынылады: мысалы, ғылыми жұмыста күрделі сандық модельдеу нәтижелерінің негізінде қызмет мерзімін болжауға арналған қарапайым эмпирикалық формула әзірленген, оны қолдану жылдам әрі тиімді екендігі атап өтіледі. Эмпирикалық тәсілдер көбінесе аналитикалық немесе сандық әдістермен бірге қолданылады – күрделі модельдеудің нәтижелерін қарапайым формулаға келтіру, сол арқылы инженерлерге түсінікті құрал ұсыну да осыған жатады [3].

Тұрғын үй темірбетон конструкцияларының сенімділігі мен ұзақмерзімді пайдалану қабілетін қамтамасыз ету үшін есептеу әдістерінің кешенді түрде қолданылуы аса маңызды. Соңғы элементтер әдісі құрылымның күрделі кеңістіктегі жұмысын дәл модельдеп, қауіпті аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді; аналитикалық әдістер нақты теорияға сүйенгендіктен жобалаудың негізі болып табылады және жылдам тексерулер жүргізуге жол ашады; ал эмпирикалық әдістер осы екеуін шындыққа жақындатып, тәжірибеден туған тиімді шешімдермен толықтырады. Әр әдістің жеке артықшылықтары мен кемшіліктері болғанымен, оларды ұштастыра қолдану ең сенімді нәтижеге қол жеткізеді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Әбілдин С.Қ., Кропачев П.А., Әубәкірова Б.Б. Сандық технологиялар негізінде ұзақ үлестірілетін ғимараттар мен құрылысшылардың мониторинг жүйесін талдау // Хабаршысы. М.Қозыбаев атындағы ОҚМУ, Петропавл: 2019, No4 (45), 218-224 б.
2. 4. СП РК 1.04-101-2012. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений
3. Сагайдак А.И. Акустикалық өлшеу әдісін қолданатын бетон және темірбетон конструкцияларының технологиялары. «Құрылыс» ғылыми-зерттеу орталығының хабаршысы. 2023;38(3):62-81. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-62-81](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-62-81).
4. Прасад Е. Ақырлы элементтер әдісі: инженерлік талдаудағы революция. – 2023. <https://www.structuralguide.com/finite-element-method/>
5. Князева Н.В., Назойкин Е.А., Орехов А.А. Құрылыс құрылымдарындағы ақауларды анықтау үшін жасанды интеллект қолдану // Құрылыс және сәулет. 2023. 3. 18-25 беттер. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-3-18-18>.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В МЕТОДИКЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНУЮ ПРОДУКЦИЮ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАНА

Стоимость строительства, как в Республике Казахстан, так и за ее пределами, имеет важное значение и представляет собой совокупность финансовых затрат, необходимых для реализации строительных проектов.

В статье рассматриваются изменения в методике ценообразования на строительную продукцию в РК последних лет, обусловленные модернизацией нормативно-правовой базы и переходом на расчетный метод определения стоимости строительства. Анализируются ключевые нововведения - механизмы формирования сметной стоимости, а также преимущества и сложности в практическом применении при расчетах сметной документации.

Вопрос формирования цен на строительную продукцию всегда привлекал внимание участников инвестиционно-строительной сферы Казахстана. В последние годы этот интерес значительно возрос, в связи с проведенной в 2023–2025 годах реформой системы ценообразования в строительной отрасли [1].

Данная реформа направлена на достижение максимального соответствия сметной стоимости среднерыночным показателям, одновременно сохраняя нормативный метод расчета потребности в ресурсах. Эта цель может быть достигнута путем обоснованной корректировки методики ценообразования строительной продукции, усовершенствования сметно-нормативной базы, государственного мониторинга стоимости строительных ресурсов и развития информационных систем для оперативного определения стоимости строительства объекта [2].

В целом, ценообразование в строительстве в Казахстане прошло через множество изменений и адаптаций, отражая как внутренние экономические условия, так и глобальные тенденции. Последние крупные изменения в методике расчета стоимости строительных работ произошли в начале 2023 года, и в течении 2 лет происходит так называемый переходный или адаптационный период в экономике в строительстве.

Согласно Приказа Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан № 223-нк от 1.12.2022 года утверждены со вводом в действие с 1 января 2023 года новые нормативные документы в ценообразовании в строительстве [3, 4].

Эти нормативы являются основой формирования цены на строительство. Согласно содержащихся в них указаний, методика формирования цены строительной продукции представлена на схемах (рис. 1).

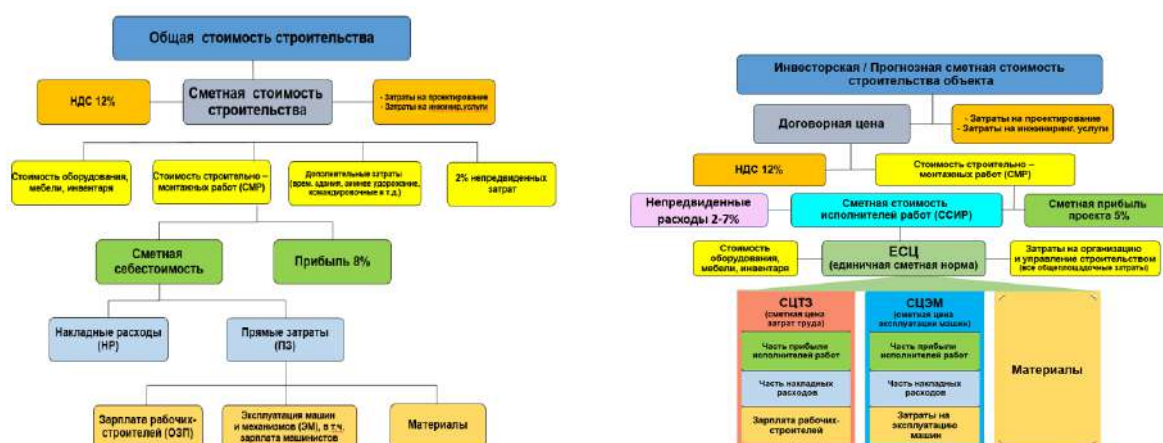


Рисунок 1. Методика ценообразования 2015-2022 гг. (слева) и 2023-2025 гг. (справа).

Результаты сравнительного анализа приведены в таблице:

№ пп	Статьи затрат и решения по методике 2015-2022гг., которые подверглись изменению	Решение 2023-2025гг.
1	Расчет смет на базе ЭСН со всеми ее составляющими	Расчет смет на баз ЕСЦ, содержащая в себе все затраты.
2	Статья затрат «накладные расходы», которая считается в % от зарплат	Статья «Затраты на организацию и управление строительством» (ОУС), считается в % от СМР и зависит от вида строительства и территориальной зоны
3	Сметная прибыль 8% от прямых затрат	Сметная прибыль 5% от СМР и ОУС
4	Непредвиденные затраты 2% на все работы	Непредвиденные затраты 2-7% в зависимости от вида строительства и стадии проектирования
5	Нормы заготовительно-складских расходов 0,75%, 1,12% и 1,2%	Нормы ЗГС изменились 0,45% - 3,49% в зависимости от группы материала
6	Инжиниринговые услуги	Изменений норм (%)
7	Прогнозная стоимость пересчитывалась отношением уровня МРП расчетного периода к МРП текущего периода	Введены индексы стоимости строительства для пересчета сметной стоимости будущих (прошлых) периодов с разбивкой по годам и кварталам
8	Расчет в текущих ценах, обновление текущих цен раз в квартал	Первая половина года – расчет в ценах предыдущего года с применением переводных индексов, Вторая половина года – расчет в текущих ценах

Проводя сравнительный анализ текущей (действующей с января 2023г. и предыдущей (2015-2022гг.), нужно сказать, что основные изменения привели к совершенствованию методики и значительно облегчили расчет сметной документации. Но некоторые из них показали свою несостоятельность в применении на практике.

Так как сметная база расценок уже несколько лет находится в процессе переработки, то в настоящее время действующими является 2 вида сборников Единичные сметные цены (ЕСЦ) и Элементные сметные нормы (ЭСН). При этом, нет четких указаний по поводу использовать или нет новые ЕСЦ для расчета сметной документации на строительство промышленных зданий и сооружений. Практика показывает случаи, что государственная экспертиза как принимала, так и отклоняла применение ЕСЦ для данных видов работ.

Другой проблемой является то, что инженеры-сметчики вынуждены применять ЭСН и ЕСЦ в одной смете, что в корне неправильно и ведет к ошибкам в расчетах.

Другой большой проблемой является объединение разных видов затрат (накладные, временные здания, климатические и даже налоги) в одну – общеплощадочные затраты, создает немало сложностей как для заказчиков, так и для подрядчиков. Невозможно добавить эту статью в смету, если отсутствует одна из составляющих.

Данная проблема остро стоит при заключении договоров на ремонтные работы, где отсутствует проект. Невозможно применение части затрат, при этом отсутствуют нормы регулирующие дополнительные затраты и накладные расходы на ремонтно-строительные работы.

И, насущной проблемой, является изменение стоимости работ и материалов в ресурсной сметно-нормативной базе в сторону уменьшения. На практике мы видим ровно обратную ситуацию.

Конечно, новая методология сметного ценообразования опирается на уникальную отечественную практику и использует достижения и опыт других стран. Некоторые из них уже показали свою состоятельность и удобство в расчетах, другие же, являются спорными и должны корректироваться. В любом случае, перед ней стоит задача построить совершенную систему нормирования и ценообразования в строительстве Республики Казахстан.

Список использованных источников

1. Козловский А. В., Астафьева О. Е., Моисеенко Н. А. Управление стоимостью строительной продукции // Вестник ГУУ. 2020. № 5. С. 18-23.
2. Бокачев Р.А., Ступникова Е.А., Оленина О.А. Риски и преимущества ресурсного метода ценообразования в строительстве // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. №4. С.72.
3. НДЦС РК 8.01-08-2022 «Порядок определения сметной стоимости строительства в Республике Казахстан»
4. НДЦС РК 8.04-09-2022 «Сметные нормы дополнительных затрат. Затраты на организацию и управление строительством».

ҚАБЫРҒАЛЫҚ КОНСТРУКЦИЯНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ШЕШІМДЕРІ ОНЫҢ ЖЫЛУ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТІГІЗЕТІН ӘСЕРІ

Бүгінгі күні ғимараттарға қойылатын энергия үнемділігі талаптары артып отыр, бұл жылу жоғалтуды азайту, пайдалану шығындарын төмендету және экологиялық тиімділікті арттыру қажеттілігімен байланысты. Бұл тұрғыда шешуші рөл атқаратын элементтердің бірі — қабырға конструкциялары, олар ішкі және сыртқы орта арасындағы жылу алмасуға тікелей әсер етеді. Қабырғалардың жылу сипаттамаларына материалдардың физикалық қасиеттері, қабаттардың орналасу тәртібі, жылу оқшаулағыш элементтердің болуы және орналасуы ықпал етеді. Маңызды көрсеткіштер — жылу өткізгіштікке қарсы жалпы кедергі мен конденсат пен температуралық көпірлердің алдын алу қабілеті. Дұрыс жобаланбаған немесе сапасыз материал таңдалған жағдайда жылу жоғалту артып, ғимараттың энергия тиімділігі мен сенімділігі төмендейді. Зерттеулер көрсеткендей, қабырға конструкцияларын оңтайландыру арқылы энергия тұтынуды 30–40%-ға дейін азайтуға болады. Бұл әсіресе суық климатты аймақтар үшін өзекті. Сыртқы оқшаулау жүк көтергіш элементтерді температуралық өзгерістерден қорғап, жылу шығынын төмендетуге мүмкіндік береді. Ал ішкі оқшаулау – конденсация қаупін арттырып, климаттық жүйелердің жұмысын қиындатуы мүмкін.

Талдау объектісі - материалдардың ауыспалы қабаттарынан тұратын, әрқайсысы белгілі бір функцияны орындайтын және қалыңдығы мен жылу өткізгіштігі сияқты бірегей техникалық сипаттамалары бар тұрғын үй ғимаратының қабырға құрылымы. Қабырға құрылымының негізгі құрамдас бөліктері (қабаттары): ішкі бет: гипсті сылақ, жүк көтергіш бөлік: керамикалық қатты кірпіш, байланыстырушы бөлік: цемент – құмды ерітіндісі, сыртқы бет: керамикалық плиткалар

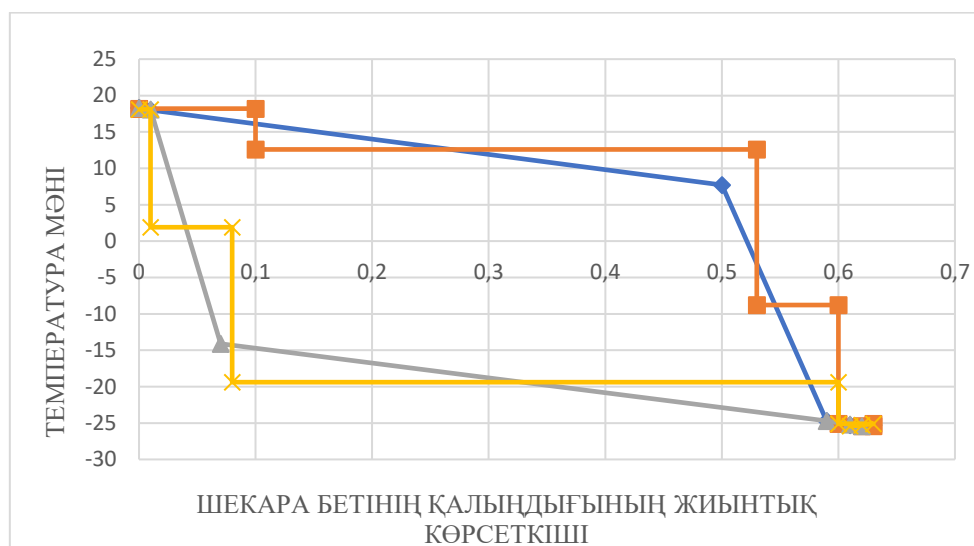
Келесі кезеңде қабырға құрылымындағы жылу оқшаулағыш материал қабатының орналасуының әсері зерттелді. Талдау оқшаулау орнының ғимараттың пайдалану жағдайлары мен функционалдық мақсатына сай таңдалуы қажеттілігіне негізделген. Жобалық шешім ішкі микроклиматтың тұрақтылығын сақтап, энергия шығынын азайта отырып, конденсаттың пайда болуына жол бермеуі және қабаттардың термиялық деформациясын барынша шектеуі тиіс. Осы талаптарға сүйене отырып, минералды жүнді орналастырудың екі нұсқасы қарастырылды: ішкі әрлеу мен жүк көтергіш қабат арасында және жүк көтергіш қабат пен сыртқы байлаушы қабат арасында.

Зерттеу нәтижесінде құрылымда минералды жүнді екінші нұсқа бойынша орналастыру тиімдірек деп танылды.



1-сурет. Қабырға құрылымының қабаттарының жалпы тізбегінде жылу оқшаулағыш материалды орналастырудың ең қолайлы нұсқасы

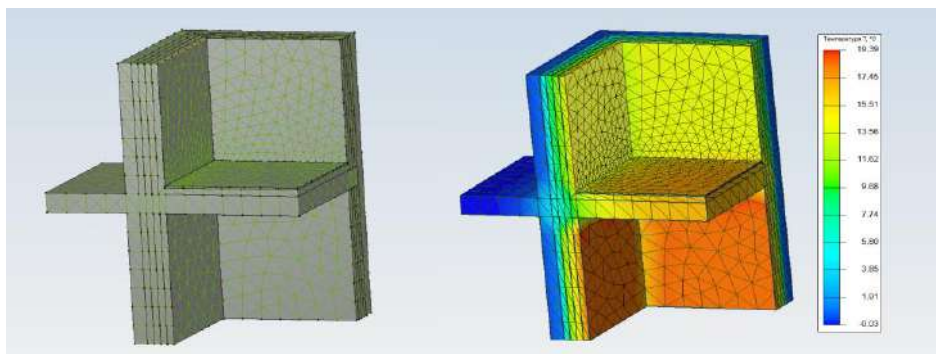
Бұл құрылым үшін «маңызды» сапа көрсеткіштері: шекара бетінің қалыңдығының жиынтық көрсеткіші, шекаралық бет температурасы есептелініп, бұл нәтижелердің қабырға құрылымының қалыңдығы бойынша температураның таралуы бойынша графикалық сипаттамасы 2-суретте берілген.



2-сурет. Қарастырылған есептеу нұсқаларының контекстінде қабырға құрылымының қимасындағы орташа температураның оның қалыңдығының жиынтық көрсеткішіне тәуелділігінің графиктері

Графиктерге жүргізілген талдау нәтижесінде қабаттардың техникалық сипаттамалары – атап айтқанда, олардың қалыңдығы мен жылу өткізгіштік коэффициенті – қабырға құрылымындағы орналасу ретіне қарай орташа салмақты температураға айтарлықтай әсер ететіні анықталды, бұл жағдайда жалпы жылу кедергісі өзгеріссіз қалады. Минералды жүнді жүк көтергіш және сыртқы байланыстырушы қабаттардың арасына орналастыру неғұрлым тиімді болып шықты, өйткені бұл конфигурация оң орташа температураны сақтауға, қабырға құрылымының тұрақтылығын қамтамасыз етуге және температуралық деформация нәтижесінде жарықтардың түзілуін болдырмауға мүмкіндік береді. Керісінше,

минералды жүнді ішкі әрлеу мен жүк көтергіш қабаттың арасына орналастыру температура айырмасын арттырып, құрылымның термиялық деформациясын күшейтеді. Осы нәтижелерге сүйене отырып, қабырға конструкциясының жылу үнемдеу қасиеттеріне әртүрлі жобалық шешімдердің әсерін бағалайтын математикалық модель ELCUT бағдарламасы негізінде әзірленді (3-сурет).



3-сурет. Есептеу аймағындағы температураның таралуы

Сыртқы оқшаулау кірпіш пен ерітіндіні температуралық өзгерістерден қорғап, жарықтар мен мұздану қаупін азайтады, сондай-ақ ішкі жайлылықты қамтамасыз етеді. Ал ішкі оқшаулау керісінше, кірпіштің суып кетуіне, конденсат түзілуіне және беріктіктің төмендеуіне себеп болады. Жылу кедергісін сипаттайтын есептеулер көрсеткендей, жылу оқшаулағыш қабаттың орналасуы жалпы жылу кедергісіне айтарлықтай әсер етпейді, бірақ құрылымның орташа температурасына қатты ықпал етеді.

Зерттеу ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру және олардың пайдалану сенімділігін қамтамасыз етуге бағытталған жобалық шешімдерді оңтайландыруға арналған.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. **Egorochkina, I.** (2021). Thermal performance ensuring for enclosing structures [Obespechenie teplozashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy]. Don State Technical University. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128103003>
2. **Romanovskiy S.** (2023). Enclosing wall structures of operated residential buildings using thermal insulation plates from linen noils [Ograzhdajushchie stenovye konstruktsii éksploatiruemykh zhilykh zdaniy s primeneniem teploizolyatsionnykh plit iz l'nyanykh ochesov]. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2023-35-3-48-54>
3. **Dileep, Kumar.** (2020). Comparative analysis of building insulation material properties and performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 131. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>
4. **Gagarin, V.G.** (2018). Mathematical model using discrete-continuous approach for moisture transfer in enclosing construction. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/2/022023>
5. **Kryshov, S.I.** (2018). On actual energy efficiency indicators of buildings. Causes and ways to eliminate non-compliance with standards [O fakticheskikh pokazatelyakh energoéffektivnosti zdaniy. Prichiny i puti ustraneniya nesootvetstviya normativam]. Energoberezhenie, 38-45.

ФРЕЗЕРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ РЕЗАНИЯ МЁРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ

Щели в мерзлом грунте нарезают для укладки кабеля, трубопроводов малого диаметра, а также для послойной разработки грунтов. Основными рабочими органами для нарезания щелей служат баровые устройства, дисковые и кольцевые фрезы. Фрезерные машины создают на базе гусеничных тракторов или роторных траншейных экскаваторов. Их конструктивная схема, как и принцип работы, аналогична роторным экскаваторам.

Основным отличием является небольшая (до 270 мм) ширина отрываемой щели и небольшая по сравнению с диаметром фрезы глубина щели, которая ограничена условиями выноса разрушенного грунта на поверхность.

При расчете фрезерных машин, силу резания определяют как для элементарных режущих профилей, а мощность, необходимую для привода фрезы, – как мощность роторного многоковшового экскаватора.

Соотношение толщины стружки и ширины резца выбирается в тех же пределах, что и для баровых машин. Для уменьшения энергоемкости процесса целесообразно применять удлиненные резцы, что увеличивает объем скалывания грунта, уменьшая тем самым удельное усилие резания. По экспериментальным данным, оптимальная скорость резания диско-фрезерных машин находится в пределах 2,0-2,5 м/с.

На эффективность буровых и фрезерных рабочих органов влияют скорости резания и подачи, геометрия зубьев и их рациональная расстановка. Резцы нужно устанавливать так, чтобы предыдущие обеспечивали последующим работу в условиях полублокированного или свободного резания. В связи с разнообразными прочностными свойствами мерзлых грунтов необходимо предусматривать возможность изменять скорости рабочих органов в широком диапазоне, лучше всего бесступенчатым способом, обеспечивающим наибольшую производительность машины.

Для разработки мерзлых грунтов на глубину до 0,5-0,6 м применяют землеройно-фрезерные машины (рис. 1).

Она состоит из тягача 1 и навесного оборудования. Фреза 6 приводится во вращение от коробки отбора мощности 2, вращение передается через карданный вал 4 и редуктор 5. Подъем и опускание фрезы, а также создание напорного усилия осуществляются гидроцилиндром 3.

Резание дисковыми фрезами можно осуществлять прямым или обратным фрезерованием (рис. 2). Прямое фрезерование при разработке

мерзлых грунтов более рационально, так как размеры стружки нарастают равномернее и рабочий орган работает с меньшими динамическими воздействиями.

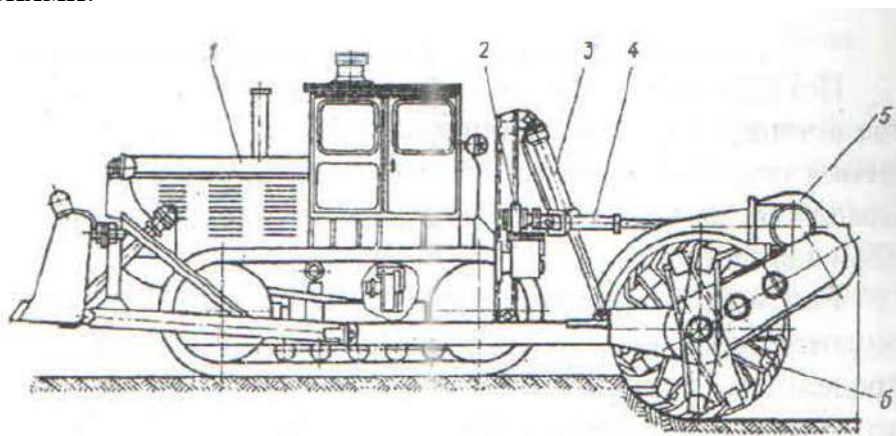


Рис. 1. Землеройно-фрезерная машина

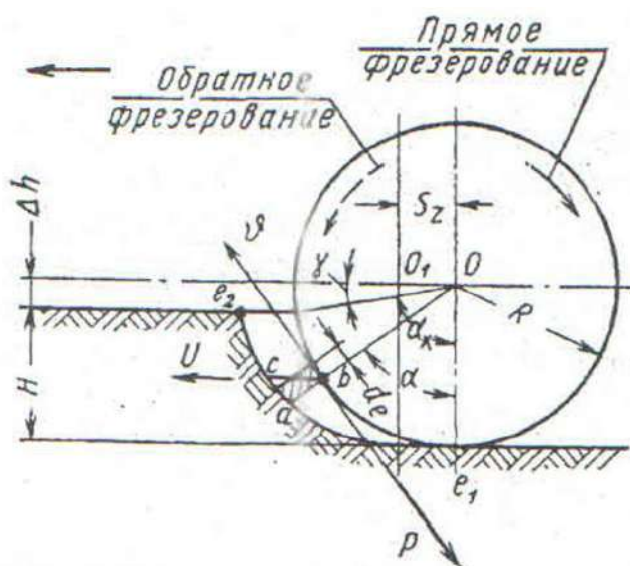


Рис. 2. Схема резания мерзлого грунта дисковой фрезой

Мощность, необходимая для нарезания щели в мерзлом грунте, может быть, с достаточной для практических целей точностью, определена по формуле

$$N = \frac{PR}{225v_{\phi}^2} [(\nu_{\phi} + \nu_n)^3 + \sqrt{\nu_{\phi}^2 + \nu_n^2 + 2\nu_n\nu_{\phi} \cos \alpha}]^3 \text{ л. с.},$$

где P – усилие резания, в кГ;

R – радиус фрезы, в см;

ν_{ϕ} – окружная скорость фрезы, в м/с;

ν_n – поступательная скорость агрегата;

α – угол рабочего контакта фрезы.

При фрезеровании пальцевой фрезой

$$N = \frac{k s H D_{\phi} n_{\phi}}{60 \cdot 75} \text{ л.с.},$$

где k – коэффициент удельного сопротивления резанию, при фрезеровании мерзлого грунта, в кГ/см^2 ;

s – подача на один оборот фрезы, в см;

H – глубина траншеи, в см;

D_{ϕ} – ширина траншеи, в см;

n_{ϕ} – число оборотов фрезы в минуту.

Одним из существенных недостатков дискофрезерных машин является необходимость выбора больших диаметров фрез при нарезании глубоких щелей. Для обеспечения устойчивости фрезерного диска против его выпучивания необходимо проверять на критическую силу резания

$$P_{кр} = \frac{4k_0 B}{D_{\phi}^2}$$

где k_0 – коэффициент, учитывающий соотношения диаметра и толщины, принимается $k_0 = 15-20$;

k_0 – коэффициент, зависящий от материала диска и его толщины, принимается $B = 2-2,5$;

D_{ϕ} – диаметр диска.

При фрезеровании может быть скоростное или силовое резание, первое обеспечивается при скорости фрезерования $v_{\phi} = 6-9$ м/с.; силовое – при $v_{\phi} = 2-2,5$ м/с. Опыты показывают, что силовое резание мерзлых грунтов более рационально – оно обеспечивает меньшую энергоемкость и повышенную надежность.

У диско-фрезерных машин диаметр диска составляет 0,4-2,7 м, что позволяет нарезать щели глубиной до 1,2 м. Однако изготовление режущих дисков диаметром более 1 м вызывает значительные затруднения. На рис. 3 показана схема диско-фрезерной машины конструкции Горьковского политехнического института. Несколько большее распространение для нарезания щелей имеют машины с режущими органами в виде двух бар, навешиваемых на многоковшовые траншейные экскаваторы. Однако, такие машины пока серийно не изготавливаются.

Тяговое усилие при разработке щели определяется технической характеристикой базовой машины.

Список литературы:

1 Дорожные машины. Ч. I. Машины для земляных работ / Т.Б. Алексеева, К.А. Артемьева, А.А. Бромберг и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. 504 с.

2 Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1980. 334 с.: ил.

3 Машины для земляных работ: учебник / Н.Г. Гаркави, В.И. Аринченков, В.В. Карпов и др.; Под ред. Н.Г. Гаркави. М.: Высш. школа, 1982. 335 с.: ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

В статье рассматривается применение золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций (ТЭЦ) в качестве альтернативного сырья для производства строительной керамики, в частности кирпича. В условиях дефицита глинистых материалов и растущей проблемы утилизации техногенных отходов в Казахстане использование ЗШО является эффективным решением. Это не только снижает нагрузку на окружающую среду, но и улучшает характеристики строительной продукции. Исследования показывают, что золошлаковые отходы ТЭЦ различных регионов Казахстана могут быть использованы в качестве компонента керамической массы для производства кирпича, соответствующего нормативным требованиям.

Керамические изделия, в том числе кирпич, играют важную роль в строительной отрасли Казахстана. В 2021 году отечественные производители покрыли лишь 44% потребности внутреннего рынка в керамическом кирпиче. Этот дефицит объясняется ограниченностью поставок традиционного сырья, в частности, глины.

В некоторых районах страны наблюдается дефицит глинистых материалов, что делает необходимым поиск альтернативных источников сырья для производства строительной керамики. Одним из таких источников являются золошлаковые отходы, образующиеся на тепловых электростанциях в процессе сжигания угля.

Золошлаковые отходы представляют собой смесь неорганических веществ, содержащих оксиды кремния, алюминия, железа и других материалов, которые могут быть использованы в производственных процессах, в том числе для изготовления строительной керамики.

В Казахстане ежегодно образуется значительное количество золошлаковых отходов, которые оказывают негативное воздействие на экологическую ситуацию. При этом лишь около 8% золошлаков перерабатываются, что ведет к накоплению большого количества отходов. Прогнозируется, что к 2030 году объем накопленных золошлаков может достичь 1 миллиарда тонн. Это создает экологическую проблему и требует поиска решений для эффективного использования этих отходов.

Использование золошлаков в производстве строительной керамики является одним из таких решений. Это поможет не только снизить загрязнение окружающей среды, но и решить проблему дефицита глины в

строительстве, особенно в регионах, где запасы глинистых материалов ограничены [1, 2].

Цель данного исследования является оценка возможности использования ЗШО ТЭЦ Республики Казахстан в качестве сырья для производства строительной керамики и разработка рекомендаций по их эффективному использованию в производственных процессах.

Задачи исследования:

- исследовать химический и физический состав золошлаков, образующихся на ТЭЦ различных регионов Казахстана.
- оценить влияние золошлаков на свойства керамических материалов, таких как прочность, плотность и водопоглощение.
- разработать рекомендации по внедрению технологий переработки золошлаков в массовое производство строительных материалов.
- оценить экономическую целесообразность внедрения технологии переработки золошлаков в производство кирпича.

Для проведения исследования были использованы золошлаковые отходы, образующиеся на ТЭЦ-3 Павлодарской области. Химический состав золошлаков определен с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра, а для определения минерального и фазового состава применен рентгеновский дифрактометр.

Химический состав золошлаков, полученных с разных ТЭЦ Казахстана проанализирован и представлен в таблице 1. Исследования показали, что золошлаки содержат значительные количества алюмосиликатных фаз, таких как оксиды кремния, алюминия и железа. Эти компоненты, в частности минералы муллит, анортит и кварц, обладают свойствами, которые способствуют образованию прочной керамической матрицы при высоких температурах [3-5].

Примерные химические составы золошлаков, используемых на разных ТЭЦ Казахстана, приведены ниже в таблице.

Таблица 1 – Химический состав золошлаков, используемых в керамическом производстве в Республике Казахстан.

Месторождения/ источник ЗШО	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	Примечание
Карагандинская ТЭЦ	49	20	7.5	4.2	Буроугольные ЗШО, огнеупорность до 1390 °С
Павлодарская ТЭЦ-1	47.3	18.2	6.8	5	Используется с глиной Краснореченского месторождения

Экибастузкая ГРЭС-1	3	52.	25.7	5.9	3.5	Высокосиликатные ЗШО, стеклофаза при обжиге
Павлодарская ТЭЦ-3	61	19.2	7.6	3.8		Планируется использование с глиной Павлодарского месторождения

Эти данные показывают, что состав золошлаков в разных регионах может различаться, что важно учитывать при их использовании в производстве строительных материалов.

Кроме того, при добавлении золошлаков в керамическую массу, в пределах 15-35 %, возможно производство полнотелых кирпичей с прочностью на сжатие от 15 до 17 МПа и водопоглощением не более 13%. Это соответствует требованиям, предъявляемым к строительному кирпичу марок М125-М150 [3-5].

Золошлаки, содержащие значительные количества оксидов кремния и алюминия, улучшают прочностные характеристики и морозостойкость изделия, что особенно важно в строительной отрасли. Исследования подтверждают возможность использования золошлаков в качестве сырья для получения керамических изделий с требуемыми эксплуатационными характеристиками. В дальнейшем необходимо продолжить работу по оптимизации технологий переработки золошлаковых отходов и расширению их применения в строительной отрасли.

Список литературы:

- 1 Сайбулатов С. Ж., Сулейменов С. Т., Ралко А. В. Золокерамические стеновые материалы. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 292 с.
- 2 Немущенко Д. А., Ларичкин В. В., Муравьев М. Т., Неустроев М. А. Строительная керамика с высокими эксплуатационными характеристиками на основе твердых отходов // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2024 - №2. – С.136-154.
- 3 Абдуллаева А., Такибаева А. Т., Комплексная утилизация золошлаковых отходов ТЭЦ Карагандинского региона // East-West. – 2024. - № 4(4). – С.17-26.
- 4 Лазарев Т. Л., Куликова Е. С. Исследование влияния отходов промышленности на свойства стеновой керамики // Технические науки – от теории к практике. – 2016. - №2 (50). – С.135-138.
- 5 Ахмедьянов А. У., Киргизбаева К. Ж., Туреханова Г. И. Потенциал золошлаков Экибастузкой ГРЭС-1 как сырья для керамики // Материалы научного семинара. – Алматы: КазНИТУ, 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ

В условиях резко континентального климата, характерного для Центрального Казахстана, обеспечение стабильного и комфортного микроклимата в жилых зданиях становится важной задачей современного строительства и архитектурного проектирования. Основное внимание в настоящем исследовании уделяется анализу архитектурно-конструктивных решений и их влиянию на параметры внутренней среды зданий. Устаревший жилой фонд, в частности дома серий 1-464, П-44, 1-447С и И-100, представляет собой объект пристального изучения, поскольку именно в этих зданиях наблюдаются наиболее выраженные проблемы с теплозащитой, вентиляцией и энергоэффективностью. Данные здания, возводившиеся в период с 1950-х по 1980-е годы, проектировались по устаревшим нормативам и с минимальными требованиями к комфортности проживания.

1. Анализ конструктивных недостатков.

Конструкции типовых домов советского периода не рассчитаны на современные климатические нагрузки и требования к микроклимату. Однослойные наружные стены, устаревшие оконные блоки, отсутствие эффективной вентиляции и нерациональная планировка создают условия, не соответствующие санитарно-гигиеническим нормам. Наружные стены без утепления способствуют активным теплопотерям, формированию мостиков холода и образованию конденсата. Старые деревянные окна не обеспечивают герметичность, пропуская холодный воздух и создавая сквозняки. Отсутствие вытяжной и приточной вентиляции приводит к застою воздуха, накоплению углекислого газа и избыточной влажности, особенно в кухнях и ванных комнатах.

2. Техничко-климатическое обоснование модернизации.

Центральный Казахстан характеризуется экстремальными климатическими условиями: суровая зима с температурами до -35°C , жаркое и сухое лето с температурами выше $+35^{\circ}\text{C}$, сильные ветры и низкая влажность. Подобные климатические особенности требуют конструктивных решений, способных обеспечить устойчивость к температурным перепадам и защиту от климатических стрессов. В результате анализа данных СН РК и метеорологических наблюдений за последние 30 лет было установлено, что более 70% теплопотерь в

многоквартирных домах региона происходит через ограждающие конструкции: стены, кровлю, подвал и оконные проемы.

3. Современные стандарты устойчивого проектирования. Современные международные практики, такие как LEED (США), BREEAM (Великобритания) и «Зелёные стандарты» (Казахстан), направлены на повышение энергоэффективности зданий, улучшение качества внутренней среды и снижение эксплуатационных затрат. Принципы этих систем включают использование материалов с низкой теплопроводностью, обустройство эффективной вентиляции с рекуперацией тепла, применение систем автоматического контроля микроклимата, а также интеграцию архитектурных, инженерных и экологических решений. Результаты внедрения подобных стандартов показывают, что экономия на эксплуатации может достигать 30–40%, при этом существенно улучшаются условия проживания и снижается нагрузка на здоровье жильцов.

4. Технологии реновации жилого фонда. Предлагаемый комплекс мер реновации включает в себя:

- наружное утепление фасадов с применением минеральной ваты, пенополистирола или PIR-панелей;
- замена окон на многокамерные стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытием и улучшенными шумоизоляционными характеристиками;
- установка механической вентиляции с рекуперацией тепла;
- утепление чердачных, цокольных и межэтажных перекрытий;
- применение паропроницаемых и экологически безопасных отделочных материалов;
- внедрение «умных» систем управления микроклиматом (датчики CO₂, влажности, температуры, автоматическое управление вентиляцией и отоплением).

Внедрение подобных решений требует не только технической подготовки, но и нормативной адаптации. Необходимо пересмотр строительных норм с учётом международных стандартов, организация обучающих курсов для проектировщиков и инициирование пилотных проектов в климатически напряжённых регионах.

5. Пример применения реновационных решений.

В качестве примера можно рассмотреть вариант реновации типового пятиэтажного жилого дома серии 1-464, широко распространённого в Центральном Казахстане. Предполагается, что здание было построено в 1960-х годах и до настоящего времени не проходило капитальных модернизаций. В рамках возможного пилотного проекта по повышению энергоэффективности и улучшению параметров внутренней среды может быть предложен следующий комплекс архитектурно-конструктивных и инженерных мероприятий. Реализация данных мер позволит сформировать модель эффективной реновации, которую в дальнейшем можно

масштабировать на другие объекты жилого фонда региона. Предложенные решения легко адаптируются под разные типы зданий и местные условия.

№	Мероприятие	Описание и ожидаемый эффект
	Наружное утепление фасадов	Система «мокрого» фасада с минеральной ватой (150 мм). Повышение термосопротивления до 3,2 м ² ·°С/Вт. Снижение теплопотерь.
	Замена оконных блоков	Установка стеклопакетов с низкоэмиссионным покрытием и шумоизоляцией. Снижение инфильтрации, повышение комфорта.
	Механическая вентиляция с рекуперацией тепла	Компактные установки с теплообменниками. Сокращение теплопотерь до 60%. Постоянный приток свежего воздуха.
	Теплоизоляция чердака и подвала	Применение пенополистирольных плит и ЭППС. Устранение мостиков холода в зонах с высокой теплопотерей.
	Автоматизация контроля микроклимата («умный дом»)	Датчики СО ₂ , температуры и влажности. Автоматическое управление отоплением и вентиляцией. Повышение энергоэффективности.

Ожидаемые результаты реализации проекта (на основе расчётных моделей и аналогичных зарубежных и отечественных программ):

- снижение теплопотерь здания — на 35–40%;
- снижение расходов на отопление — до 28% (примерно 1,8 млн тенге в год для здания площадью около 3000 м²);
- повышение средней температуры воздуха в квартирах в зимний период на 2,5–3 °С;
- снижение уровня относительной влажности в кухнях и санузлах на 15–20%;
- улучшение качества воздуха за счёт снижения концентрации СО₂ и повышения воздухообмена.

Таким образом, реализация проекта реновации позволит продлить срок службы типовых домов и повысить комфорт проживания, адаптировав подход для программ капремонта и устойчивого проектирования в условиях резко континентального климата.

Список использованной литературы:

4. <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/blog/stroim-bolee-zelenoe-budushee-energoeffektivnost-v-stroitelstve-kak-vazhnyy-shag-na-puti-k-uglerodnoy-neytralnosti-v-kazakhstane>;
5. <https://ru.sputnik.kz/20231110/zhilishnyy-sektor-kazakhstana-za-poslednie-pyat-let-uvelichil-energopotreblenie-na-tret-40083139.html>
6. <https://kapital.kz/gosudarstvo/84721/v-kazakhstane-energoeffektivny-tol-ko-50-zdaniy.html>

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ НАВЕСНОГО ВЕНТИЛИРУЕМОГО ФАСАДА НА ПРИМЕРЕ ВЫСОТНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА "СИМФОНИЯ" В АСТАНЕ

С увеличением масштабов строительства в Республике Казахстан в архитектурно-строительной практике получили широкое распространение технологии устройства навесных вентилируемых фасадных систем с применением облицовки из керамогранита. Анализ исследований показал, что в процессе эксплуатации, при воздействии ветровых нагрузок, а также вследствие нарушений технологии монтажа, существует высокий риск выпадения облицовочных плит, что может повлечь за собой как материальный ущерб, так и угрозу жизни и здоровью граждан. В связи с этим, начиная с 2009 года, на территории нашей страны введено ограничение на использование керамогранитной облицовки для фасадов многоэтажных зданий - её применение разрешено исключительно для объектов высотой до двух этажей.

Однако при этом у нас существует большое количество жилых и административных высотных зданий, построенных до введения указанного запрета. Например, в многоквартирном высотном жилом комплексе "Симфония" в Астане, состоящем из двух башен высотой 23 и 25 этажей, объединённых общей стилобатной частью (далее – Объект) появились проблемы навесного вентилируемого фасада с воздушным зазором (далее – НФсВЗ), вызванные самопроизвольными выпадениями облицовочных плит. Объект введен в эксплуатацию в 2008 году, таким образом, срок эксплуатации здания составляет 17 лет.

В данной статье рассматриваются ключевые проблемы, возникающие при проектировании, монтаже и эксплуатации вентилируемых фасадов (НВФ). Основная цель проведённого анализа – выявление и предупреждение наиболее распространённых ошибок, допускаемых на различных этапах жизненного цикла фасадных систем и обоснование ограничения на использование керамогранитной облицовки НФсВЗ для фасадов многоэтажных зданий на основании анализа их соответствия действующим в РК нормативно-техническим требованиям [1-3].

Несущий каркас НФсВЗ Объекта состоит из следующих элементов:

- кронштейнов из алюминиевого сплава АД-3 1Т1 по ГОСТ 4784-97;
- анкеров крепления кронштейнов к основанию;
- вертикальных несущих профилей из алюминиевого сплава АД-3 1Т1 по ГОСТ 4784-97 шагом 500 мм;
- крепежных деталей для сборки элементов несущего каркаса;
- терморазрывных прокладок, устанавливаемых между кронштейнами и основанием.

В процессе исследования элементов НФсВЗ установлены следующие дефекты монтажа и повреждения, полученные в процессе эксплуатации (рис. 1):

- отсутствие температурных блоков площадью не более 25 м² в конструкции несущего каркаса НФсВЗ, компенсирующих реакцию материалов на изменение температуры и предотвращающих возникновение дополнительных напряжений, деформаций и разрушений, п. 6.8 [4];
- на отдельных участках отсутствуют опорные кронштейны, соединение кляммеров к вертикальным направляющим выполнено на самонарезающих винтах, п. 6.10 [4];
- крепление опорных кронштейнов несущей системы навесного фасада здания (НФсВЗ) было выполнено непосредственно на газобетонную кладку, что привело к отрыву кронштейнов на локальных участках от стен вследствие недостаточной прочности основания;
- отсутствие поворотных кляммеров на участках оконных проемов;
- деформация кляммеров в результате закрепления дополнительных устройств и деталей (рекламных вывесок, осветительных приборов) непосредственно к облицовке НФсВЗ;
- сколы, трещины, выпадение отдельных облицовочных керамогранитных плиток со смещением и отклонением ширины вертикальных и горизонтальных швов облицовки;
- многочисленные дефекты монтажа конструктивных элементов несущей системы (рис. 2);
- отклонения от вертикали, значения элементов несущей системы НФсВЗ, значения которых существенно превышают допустимые нормы: $\Delta_{\text{макс}} = 38 \text{ мм} > 5 \text{ мм}$, согласно §9.2, табл. 15 [5].

Кроме того, по результатам поверочных расчетов элементов, использованных в несущей системе НФсВЗ, на фактические нагрузки и воздействия показали, что их несущая способность и устойчивость в целом не обеспечены.

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно выделить следующие основные проблемы систем НФсВЗ:

- ошибки в расчётах с учетом ветровых нагрузок и температурных деформаций материалов, а также несоответствующего подбора несущих элементов;
- использование в качестве основания для опорных кронштейнов стен из газобетона, не обладающих необходимой несущей способностью для восприятия значительных ветровых и эксплуатационных нагрузок;
- нарушения технологического регламента монтажа: применение неподходящих анкеров, отклонения от проектных и нормативных значений, отсутствие температурных компенсационных элементов;
- отсутствие системного технического надзора в процессе строительства и регламентного обслуживания фасадной системы после ввода объекта в эксплуатацию, а также систематического экспертного обследования технического состояния систем НФсВЗ;
- негативное воздействие динамических факторов, включая ветровые колебания, вибрации, микросейсмическую активность, особенно актуальных для высотных зданий.

В связи с результатами данного исследования можно утверждать, что ограничение для использования керамогранита в качестве облицовки навесного вентилируемого фасада с воздушным зазором введено обоснованно. Поэтому рекомендуется провести экспертизу всех существующих высотных зданий, имеющих керамогранитную облицовку в фасадных системах с целью замены её на другой материал. Обследования должны выполняться аккредитованными организациями по договорам с владельцами или эксплуатантами зданий. Кроме того, необходим систематический мониторинг технического состояния навесных вентилируемых фасадов с воздушным зазором по программе, разработанной аккредитованными организациями.

Литература:

1. ГОСТ 31937–2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. СП РК 1.04-101-2012 Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. – Алматы: РГП "КАЗНИИССА", 2012.
3. СНиП РК 2.04-10-2004 Изоляционные и отделочные покрытия. – Астана: «KAZGOR», 2005.
4. СП РК 5.06-19-2005 «Проектирование и монтаж навесных фасадов с воздушным зазором». – Астана: «KAZGOR», 2006.
5. СНиП РК 5.03.37-2005 Несущие и ограждающие конструкции - Астана: «KAZGOR», 2005.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ В ГОРНОДОБЫЧЕ

Эффективность инновационных стратегий в горнодобыче

Горнодобывающая отрасль является стратегически важной для экономики многих стран. Однако современные вызовы, такие как истощение месторождений, рост затрат на добычу и строгие экологические требования, требуют внедрения инновационных стратегий. Применение новых технологий позволяет повысить рентабельность, сократить производственные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Цель исследования: Оценка экономической эффективности внедрения инновационных стратегий в горнодобывающую отрасль.

Современные инновационные стратегии охватывают следующие направления:

Автоматизация и цифровизация

Внедрение автономных карьерных самосвалов и буровых установок.

Использование цифровых двойников месторождений для моделирования процессов.

Применение систем предиктивной аналитики для технического обслуживания.

Применение дронов и датчиков

Использование дронов для аэрофотосъемки и мониторинга месторождений.

Размещение датчиков для отслеживания состояния оборудования и предотвращения аварий.

Энергоэффективные технологии

Переход на возобновляемые источники энергии (солнечные и ветровые установки).

Оптимизация энергопотребления за счет использования энергоэффективного оборудования.

Экологические инновации

Разработка технологий по переработке отходов горного производства.

Внедрение систем очистки сточных вод и снижения выбросов CO₂.

Экономическая эффективность инноваций

Внедрение инновационных технологий оказывает значительное влияние на ключевые показатели предприятий.

Сравнительный анализ затрат и эффективности

Показатель	Традиционный метод	Инновационный метод	Изменение (%)
Производительность (тонн/час)	100	170	+70%
Затраты на персонал (млн \$)	12	7	-41%
Энергоэффективность (%)	60	90	+50%
Экологический ущерб (тонн CO ₂)	500	250	-50%
Себестоимость добычи (млн \$)	30	20	-33%

Влияние инноваций на затраты

По данным международных исследований, компании, внедряющие цифровые технологии и автоматизацию, могут сократить операционные расходы на 20–40% в течение первых пяти лет. Это достигается за счет:

Снижения аварийности и затрат на ремонты.

Оптимизации расхода топлива и электроэнергии.

Сокращения человеческого фактора и повышения безопасности.



Проблемы и перспективы внедрения инноваций

Основные барьеры внедрения

Высокие первоначальные затраты – инвестиции в новые технологии требуют значительных финансовых вложений.

Сопротивление изменениям – работники часто опасаются внедрения автоматизации из-за риска потери рабочих мест.

Отсутствие квалифицированных кадров – цифровизация требует специалистов, способных работать с новыми технологиями.

Необходимость адаптации законодательства – нормативная база часто отстает от технологического развития.

Перспективы развития

Развитие государственных программ по поддержке инновационных решений.

Снижение стоимости технологий по мере их распространения.

Повышение квалификации сотрудников и создание новых рабочих мест в сфере цифровой добычи.

Внедрение «умных» систем управления добычей и логистикой.

Преимущества инновационных стратегий:

Снижение затрат:

Автоматизация и оптимизация процессов позволяют снизить операционные расходы.

Повышение безопасности:

Использование новых технологий уменьшает риски для работников.

Устойчивое развитие:

Применение экологически чистых технологий помогает уменьшить негативное воздействие на природу.

Конкурентоспособность:

Внедрение инновационных решений дает компаниям преимущество на рынке за счет повышения эффективности и снижения затрат.

Таким образом, инновационные стратегии в горнодобывающей отрасли являются ключевым фактором повышения эффективности и устойчивого развития предприятий. Автоматизация, цифровизация и экологические технологии позволяют значительно сократить затраты, повысить производительность и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Снижение себестоимости, повышение безопасности и поддержка со стороны государства делают инновационные технологии неотъемлемой частью будущего отрасли.

Список использованной литературы:

Инновационные подходы к управлению горнодобывающими предприятиями" (автор: В. М. Белоусов) — 2018 г.

"Инновации в горной промышленности: Теория и практика" (автор: Ю. А. Батырев) — 2015 г.

Доклады и исследования в рамках Международного форума "Инновации в горнодобывающей отрасли" — 2022 г.

Материалы международной конференции "Горное дело и инновации в добыче полезных ископаемых" (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва) — 2021 г.

БИОБЕТОН И САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ: БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительная отрасль всегда искала новые способы увеличения прочности, надёжности и долговечности зданий и сооружений. Сегодня в центре внимания находятся инновационные материалы, в частности биобетон и самовосстанавливающиеся материалы. Их потенциал способен существенно изменить подход к строительству в ближайшие годы. Учитывая рост урбанизации, увеличение требований к экологии и изменение климата, такие технологии становятся необходимостью для устойчивого развития. Кроме того, повышение требований к безопасности зданий делает биоматериалы особенно актуальными.

Новые строительные технологии должны соответствовать критериям энергоэффективности, снижению углеродного следа и адаптивности к изменяющимся условиям окружающей среды, что делает разработку самовосстанавливающихся материалов приоритетной задачей научных исследований.

Биобетон — это инновационный вид бетона, содержащий в своём составе особые микроорганизмы, такие как бактерии рода *Bacillus*, которые способны регенерировать трещины. Принцип действия биобетона основан на активации бактерий при попадании воды, что приводит к выделению кальциевого карбоната, естественным образом заделывающего трещины. Этот процесс напоминает заживление ран в живых организмах и значительно увеличивает срок службы конструкций. Бактерии вводятся в бетон в инертной форме вместе с питательной средой.

При образовании трещин и попадании влаги микроорганизмы активизируются и начинают процесс минерализации. Таким образом, материал способен самостоятельно устранять повреждения без участия человека. Технология также предусматривает использование капсулированных бактерий, которые активируются только в случае повреждения, что продлевает срок их жизнеспособности в структуре.

Преимущества биобетона:

- *Увеличение срока службы строительных конструкций:*

биобетон автоматически устраняет микротрещины, предотвращая их развитие в более серьёзные повреждения.

- *Снижение затрат на ремонт и обслуживание:*

необходимость в частых ремонтных работах снижается, что особенно важно для крупных объектов инфраструктуры, мостов, туннелей и высотных зданий.

- *Экологическая устойчивость:*

производство и применение биобетона способствует сокращению выбросов углерода за счёт увеличения срока службы материалов и уменьшения потребности в ресурсах.

- *Улучшение устойчивости зданий:*

особенно важно для строительства в сейсмоопасных и неблагоприятных климатических зонах.

- *Снижение эксплуатационных рисков:*

повышенная устойчивость конструкций уменьшает вероятность аварийных ситуаций.

- *Инновационный имидж компании:*

использование передовых технологий укрепляет репутацию строительных компаний на рынке.

- *Самовосстанавливающиеся материалы*

Помимо биобетона, активно развиваются и другие материалы, обладающие свойствами самовосстановления.

Полимеры с капсулированными реагентами:

при повреждении капсулы разрушаются и выпускают вещества, которые восстанавливают материал, сохраняя его эксплуатационные свойства.

- ***Металлы с самоциклической регенерацией:***

такие материалы способны заполнять микротрещины за счёт внутренних физических процессов без потери прочности.

Композиты на основе кальцита:

реагируют на образование трещин выделением минералов, восстанавливая целостность структуры и увеличивая срок службы изделий.

Эти разработки открывают новые горизонты в строительстве авиационных конструкций, мостов, тоннелей, высотных зданий и других высоконагруженных сооружений. Кроме того, такие материалы перспективны для применения в космических проектах, где автономность и надёжность особенно критичны.

Перспективы и вызовы

Несмотря на очевидные преимущества, широкое применение самовосстанавливающихся материалов сопровождается рядом проблем:

- ***Высокая себестоимость на ранних этапах:***

технологии пока ещё требуют значительных инвестиций в производство, разработку и масштабирование процессов.

- ***Недостаточная распространённость:***

отсутствие массового опыта эксплуатации создаёт осторожность у застройщиков и инвесторов.

- ***Необходимость долгосрочных исследований:***

требуется тщательная проверка надёжности материалов при различных климатических и механических нагрузках.

Регуляторные барьеры:

нормативная база ещё не полностью адаптирована к использованию новых технологий, что тормозит внедрение.

Необходимость специальных условий хранения:

многие биоматериалы чувствительны к условиям транспортировки и хранения.

Образовательный барьер:

строителям и инженерам необходимо дополнительное обучение для работы с инновационными материалами.

Однако эти вызовы постепенно преодолеваются благодаря государственным инициативам, международным исследовательским проектам и активной поддержке со стороны научных сообществ. Уже сегодня биобетон начинает внедряться в пилотные проекты в Европе, Азии и Северной Америке.

Заключение

Таким образом, биобетон и самовосстанавливающиеся материалы представляют собой настоящий прыжок в будущее строительства. С их помощью возможно создание более устойчивых, экологичных и надёжных зданий и сооружений, способных служить людям десятилетиями без необходимости в частых ремонтах. Инвестиции в развитие этих технологий открывают дорогу к новому стандарту качества в строительстве, способствуя формированию безопасной, комфортной и устойчивой городской среды.

Биоматериалы не только продлевают срок службы сооружений, но и сокращают эксплуатационные расходы, минимизируют воздействие на окружающую среду и открывают перспективы для реализации новых архитектурных и инженерных решений. В ближайшие годы их роль в строительстве будет только возрастать, делая отрасль более инновационной и ориентированной на будущее. Важно продолжать исследования, совершенствовать технологии и расширять сферы применения, чтобы полностью реализовать потенциал самовосстанавливающихся материалов в строительной практике.

Список использованной литературы

1. Чечунова, Н. А. (2019). "Самовосстанавливающиеся строительные материалы: перспективы и технологии." *Строительная наука и техника*, №4, 23-29.
2. Петров, В. И., & Иванова, О. С. (2020). "Биобетон как инновационный строительный материал." *Современные строительные материалы*, №2, 12-18.
3. Казанцев Ю.М. *Интернет вещей и цифровые двойники в строительстве // Современные технологии в строительстве. – 2022. – №2. – С. 40-48.*
4. Смирнов Д.А. *Искусственный интеллект в управлении строительными проектами. – СПб: Научное издательство, 2020.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Введение

Торговые центры - это крупные инженерные сооружения, в которых конструктивные решения должны обеспечивать не только функциональность и архитектурную выразительность, но и высокую надежность несущих элементов. В условиях интенсивной эксплуатации, динамических нагрузок, климатических факторов и постоянного воздействия внешней среды, вопрос оценки надежности конструкций приобретает ключевое значение.

Надежность определяется как способность конструкции сохранять свои эксплуатационные характеристики на протяжении всего срока службы без повреждений и отказов. Для торговых центров, функционирующих в условиях переменных нагрузок, особенно важно использовать методы оценки, учитывающие статистическую неопределенность, влияние окружающей среды и вариативность свойств материалов.

Цель данной статьи - провести сравнительный анализ существующих методов оценки надежности несущих конструкций торговых центров, выявив их преимущества, ограничения и оптимальные области применения.

Классификация методов оценки надежности

В современной инженерной практике применяются четыре основных подхода: метод предельных состояний, вероятностный метод, численные методы с учетом неопределенностей и комбинированные методы.

1. Метод предельных состояний

Это нормативный и широко используемый подход, основанный на проверке конструкций по двум группам предельных состояний: прочности и пригодности к эксплуатации. В расчетах используются коэффициенты запаса, позволяющие учесть допустимые отклонения. Метод практичен, регламентирован Еврокодами и СНиП, и широко применяется на всех этапах проектирования. Однако он не учитывает вероятностные характеристики нагрузок и параметров материалов, что может привести к упрощениям при оценке сложных эксплуатационных условий.

2. Вероятностный метод

Данный подход предполагает анализ надежности на основе статистических данных. Он учитывает вариации нагрузок, изменчивость материалов и воздействие внешней среды. Методы, такие как Монте-Карло или теория экстремальных значений, позволяют количественно оценить вероятность отказа. Преимущество - высокая точность и глубина анализа.

Ограничения связаны с необходимостью в достоверных статистических данных и ресурсоемкими вычислениями.

3. Численные методы

К численным методам относится, прежде всего, метод конечных элементов (МКЭ), который позволяет моделировать распределение напряжений и деформаций в сложных конструкциях. В сочетании с вероятностными алгоритмами численные методы дают возможность учитывать случайные отклонения параметров. Достоинство - высокая точность и возможность выявления локальных дефектов. Недостаток - высокая вычислительная сложность и потребность в квалифицированной подготовке специалистов.

4. Комбинированные методы

Это подход, при котором используется последовательное или параллельное применение нескольких методов: например, первичный расчет по методу предельных состояний дополняется вероятностным анализом наиболее уязвимых элементов. Такой гибридный подход позволяет достигнуть баланса между простотой расчетов, нормативной корректностью и глубиной анализа рисков.

Сравнительный анализ методов

Точность

Наибольшую точность обеспечивают вероятностные и численные методы, так как они учитывают реальные колебания параметров. Метод предельных состояний менее точен в условиях неопределенности, но приемлем для предварительной оценки.

Практическая применимость

Метод ПС - простой и доступный, подходит для типовых проектов и начального этапа проектирования. Вероятностные и численные методы более трудозатратны, но незаменимы при анализе действующих объектов или в случаях, когда важно оценить влияние нестандартных нагрузок.

Релевантность для торговых центров

Торговые центры эксплуатируются под действием значительных и переменных нагрузок: потоков людей, оборудования, сезонных климатических факторов. В таких условиях целесообразно использовать комбинированный подход, позволяющий учитывать как нормативные требования, так и реальные эксплуатационные риски. Особенно это важно при реконструкции или оценке остаточного ресурса конструкций.

Вычислительная сложность

Метод ПС - наименее ресурсоемкий. Численные и вероятностные методы требуют специализированного программного обеспечения (например, LIRA-SAPR, Abaqus) и значительных временных затрат. Комбинированные методы позволяют гибко адаптировать глубину анализа под конкретные условия.

Обсуждение результатов

Результаты анализа показывают, что универсального метода, одинаково эффективного в любых условиях, не существует. Выбор подхода зависит от цели оценки, доступных данных и ресурсов. Метод предельных состояний целесообразно использовать для нормативного проектирования, особенно при ограниченности времени и исходных данных.

Однако для более точного анализа, особенно при проектировании уникальных объектов или обследовании действующих торговых центров, эффективнее применять вероятностные или комбинированные подходы. Они позволяют учитывать эксплуатационные дефекты, статистические колебания и внешние воздействия - от снеговых нагрузок до ошибок при строительстве.

Современные тенденции направлены на интеграцию численного моделирования с вероятностными оценками. Это обеспечивает более полное представление о поведении конструкции в реальных условиях эксплуатации, повышая надежность и безопасность объектов.

Выводы

На основании проведенного анализа можно выделить следующие ключевые положения:

Метод предельных состояний является нормативной основой расчетов, но не учитывает вероятностные отклонения.

Вероятностные методы позволяют детально оценивать риски, но требуют значительных ресурсов.

Численные методы обеспечивают высокую точность, особенно при анализе сложных конструкций.

Комбинированный подход представляет собой наиболее эффективное решение для торговых центров, позволяя учитывать как нормативные, так и вероятностные параметры.

Для обеспечения надежной, безопасной и долговечной эксплуатации торговых центров рекомендуется использовать интегрированные подходы, адаптируя глубину анализа под конкретные условия эксплуатации, стадии жизненного цикла здания и доступность данных.

Список использованной литературы:

1. Eurocode 0: Basis of Structural Design, EN 1990. European Committee for Standardization.
2. Международный строительный кодекс (International Building Code), International Code Council.
3. МКЭ в строительной практике: принципы и применения. Журнал инженерных расчетов, 2018.
4. Методы вероятностного анализа надежности конструкций. Инженерный журнал, 2019.
5. Комбинированные методы оценки надежности: теория и практика. Издательство «Стройиздат», 2020.

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Современные технологии стремительно развиваются, и (ИИ) занимает важное место в различных отраслях. В сфере архитектуры и строительства ИИ помогает оптимизировать процессы проектирования, строительства и эксплуатации зданий, делая их более эффективными, безопасными и экологичными. В данной работе рассмотрим ключевые направления применения ИИ в этой области.

Проникновение искусственного интеллекта в креативные индустрии стало одним из главных трендов XXI века. Но наибольший эффект прослеживается там, где нужен синтез точности и творчества. С одной стороны, архитектура является способом создания материально организованной среды. С другой — это настоящее искусство, позволяющее проектировать и возводить различные сооружения. Пару лет назад вышла серия материалов Нила Лича — профессора Международного университета Флориды, руководителя программы архитектуры и дизайна. Профессор проанализировал огромное количество данных и пришел к выводу, что нейросеть может полностью автономно генерировать дизайн здания. И, что более важно, — делать это с математической точностью, рассказал «Известиям» основатель CEO Mirey Robotics Андрей Наташкин. ИИ позволяет архитекторам использовать генеративный дизайн, создавая тысячи вариантов проектных решений на основе заданных параметров. Это значительно ускоряет процесс проектирования и помогает находить наиболее оптимальные варианты с точки зрения устойчивости, функциональности и экономической эффективности. Современные системы, такие как BIM (Building Information Modeling), позволяют интегрировать ИИ для автоматизации проектных процессов, предсказания проблем и повышения точности расчетов.

ИИ играет важную роль в автоматизации и управлении строительными процессами. Основные направления:

Оптимизация планирования: алгоритмы прогнозируют возможные задержки и предлагают эффективные графики работ.

Контроль качества: компьютерное зрение анализирует соответствие строительных работ проектным требованиям, выявляя ошибки на ранних стадиях.

Управление ресурсами: ИИ помогает минимизировать отходы и рационально распределять строительные материалы, снижая затраты.

Строительные площадки являются зонами повышенного риска. Искусственный интеллект помогает снизить вероятность несчастных случаев благодаря:

анализу рисков на основе данных с камер, сенсоров и отчетов;

контролю соблюдения техники безопасности: ИИ способен отслеживать наличие защитной экипировки у рабочих и предупреждать о нарушениях;

предупреждению аварийных ситуаций: датчики ИИ анализируют состояние строительных конструкций и сигнализируют о возможных повреждениях.

ИИ активно применяется в разработке энергосберегающих и экологически устойчивых зданий. Основные функции:

Оптимизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования в реальном времени.

Прогнозирование энергопотребления на основе погодных условий и поведения пользователей.

Автоматизированное управление освещением и климат-контролем, снижая затраты на эксплуатацию.

Развитие технологий ИИ открывает новые возможности для проектирования, строительства и эксплуатации зданий, способствуя созданию умных и устойчивых городов будущего. В последние годы происходит интеграция искусственного интеллекта и «умных» строительных материалов, что также открывает новые горизонты для архитекторов и строителей. Например, с помощью ИИ можно разработать материалы, которые адаптируются к изменениям окружающей среды. Примером могут служить «умные» бетонные смеси, которые меняют свои свойства в ответ на изменения температуры или влажности. Такие материалы могут значительно повысить долговечность зданий, а также улучшить их энергоэффективность. В будущем искусственный интеллект может позволить проектировать материалы, которые сами могут «ремонттировать» себя, что значительно снизит затраты на эксплуатацию и обслуживание зданий.

Одним из самых амбициозных направлений использования искусственного интеллекта в архитектуре и строительстве является создание «умных городов». Эти города основаны на интеграции ИТ-решений, сенсоров и искусственного интеллекта для управления различными аспектами городской жизни. ИИ в таких городах используется для оптимизации транспортных потоков, управления энергией, водоснабжением, а также для мониторинга состояния инфраструктуры.

Для создания «умных» зданий и городов важно, чтобы ИИ был способен собирать и анализировать огромные массивы данных, поступающие от различных датчиков и сенсоров. Например, системы умного освещения могут автоматически адаптироваться к изменениям

освещенности в зависимости от времени суток, погоды и присутствия людей в помещении. Системы управления энергией могут оптимизировать потребление ресурсов в реальном времени, снижая затраты и помогая заботиться об окружающей среде.

Одним из крупнейших преимуществ применения ИИ в строительстве является возможность прогнозирования и управления рисками. Строительные проекты традиционно связаны с высоким уровнем неопределенности: от возможных изменений в проекте до проблем с подрядчиками и поставками материалов. ИИ способен минимизировать такие риски, обрабатывая огромные объемы данных и предсказывая возможные проблемы. К примеру, системы машинного обучения могут анализировать историю проектов, выявлять закономерности и предсказывать вероятные проблемы на основе анализа данных. Это позволяет менеджерам строительных проектов принимать проактивные меры, своевременно устранять потенциальные проблемы, избегая дорогостоящих задержек и перерасхода бюджета.

Для этого используются не только алгоритмы машинного обучения, но и другие инновационные технологии, такие как цифровые двойники — виртуальные модели строительных объектов, которые помогают отслеживать их состояние в реальном времени. На основе данных с датчиков и анализа искусственным интеллектом можно прогнозировать потенциальные дефекты и отклонения от стандартов, предотвращая аварии и улучшая безопасность. Также, интересным направлением является сочетание технологий блокчейн и ИИ для улучшения управления строительными проектами. Блокчейн может использоваться для обеспечения прозрачности и достоверности данных, таких как контракты, платежи и передача прав на имущество. ИИ в свою очередь помогает анализировать и прогнозировать проектные риски, а также оптимизировать распределение ресурсов.

В будущем мы можем ожидать, что искусственный интеллект будет играть все более важную роль в сфере создания устойчивых и умных инфраструктур, что будет способствовать не только улучшению качества жизни, но и более рациональному использованию ресурсов, минимизации отходов и снижению воздействия на окружающую среду.

Список литературы:

Батоврин, В. В. Искусственный интеллект в проектировании и строительстве // *Инженерные системы*. – 2023. – № 2. – С. 45–52.

Сидоров, А. П., Иванова, Е. Н. Цифровые технологии и BIM-моделирование в современном строительстве // *Строительная механика и расчет конструкций*. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 12–18.

Громов, К. А. Применение машинного обучения в управлении строительными проектами // *Научно-технический вестник строительства*. – 2021. – № 3. – С. 30–37.

Russell, S., Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. – 4th ed. – Pearson, 2021. – 1152 p.

ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

В современных строительных проектах численное моделирование конструктивных элементов зданий является важной частью проектирования. Сложные задачи обеспечения прочности, устойчивости и деформируемости конструкций требуют точных расчетов с учетом материалов, нагрузок и внешних воздействий. Для выполнения таких расчетов инженеры используют программные комплексы, основанные на методе конечных элементов (МКЭ). Применение этих программ ускоряет проектирование, повышает точность результатов и снижает риск ошибок.

В данной статье представлен обзор основных программных комплексов, применяемых в Казахстане: *ЛИРА-САПР*, *SCAD Office*, *Tekla Structures* и *PLAXIS*. Основной акцент сделан на функциональности и примерах практического применения *ЛИРА-САПР*, а также кратко рассмотрены другие популярные системы. В заключении приводятся выводы о значении численного моделирования в строительной отрасли.

ЛИРА-САПР – универсальный комплекс расчета строительных конструкций

ЛИРА-САПР (в новых версиях – *LIRA FEM*) – многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчёта строительных конструкций различного назначения. Он позволяет выполнять статические и динамические расчёты, включая сейсмические воздействия, с использованием линейных и нелинейных моделей материалов и элементов (балок, колонн, плит перекрытий, фундаментов и др.). Комплекс поддерживает автоматизированный подбор и проверку сечений из стали и железобетона, а также формирование рабочих чертежей.

ЛИРА-САПР адаптирован к нормативам Казахстана, включая Еврокоды и местные строительные правила, что особенно важно для сейсмоопасных регионов. В Казахстане он широко применяется при проектировании жилых и промышленных объектов. Например, при расчёте жилого комплекса «Арман» и ледовой арены на 12 000 мест в Алматы использование *ЛИРА-САПР* позволило обеспечить высокую сейсмостойкость и надёжность конструкций.

SCAD Office – интегрированная система прочностного анализа

SCAD Office – популярный программный комплекс для расчёта и проектирования строительных конструкций, широко используемый в Казахстане и странах СНГ. Это интегрированная система, включающая вычислительный комплекс прочностного анализа (*SCAD*) и набор

специализированных модулей для моделирования конструкций различной сложности, выполнения статических, динамических и сейсмических расчётов, проверки устойчивости, автоматического подбора арматуры и проверки сечений металлоконструкций.

Отличительной чертой SCAD Office является тесная интеграция с САД-системами (например, AutoCAD), что упрощает работу с исходными данными и проектной документацией. В Казахстане данный комплекс успешно применялся при проектировании многих объектов, например, административного здания в Талдыкоргане, где были выполнены расчёт и проектирование с соблюдением местных нормативов.

Tekla Structures – система информационного моделирования зданий

Tekla Structures относится к классу систем информационного моделирования зданий (BIM) и ориентирована на создание высокодетализированных трёхмерных цифровых моделей конструкций из стали, железобетона, дерева и других материалов. Программа автоматически генерирует двухмерные чертежи (КМ, КМД, спецификации) и интегрируется с расчётными комплексами, такими как ЛИРА-САПР и SCAD.

В Казахстане *Tekla Structures* широко применяется при проектировании зданий с металлокаркасом. Например, использование программы при строительстве ТРК «Mega Park» в Алматы позволило заранее устранить коллизии конструкций, упростив последующий монтаж и строительство.

PLAXIS – численное моделирование грунтов и оснований

PLAXIS – специализированный программный комплекс для геотехнического анализа методом конечных элементов, предназначенный для расчёта деформаций и устойчивости грунтовых оснований. В отличие от ранее описанных систем, *PLAXIS* используется для моделирования фундаментов, подпорных стен, котлованов и других геотехнических объектов. Комплекс позволяет проводить двух- и трёхмерный анализ напряжённо-деформированного состояния грунтов, рассчитывать осадки, устойчивость склонов, а также учитывать фильтрационные и температурные воздействия.

В Казахстане *PLAXIS* активно используется при проектировании фундаментов высотных зданий и промышленных объектов (например, в Алматы и Нур-Султане), позволяя эффективно прогнозировать осадки и устойчивость сооружений в сложных геологических условиях.

Преимущества численного моделирования в строительстве

Использование численного моделирования имеет ряд преимуществ перед традиционными расчётами:

Высокая точность. Компьютерные модели учитывают множество факторов и взаимосвязей, обеспечивая точность и надёжность конструкций.

Метод конечных элементов позволяет оптимизировать материалы без ущерба прочности.

Сокращение сроков проектирования. Автоматизация и быстрое действие расчётов значительно ускоряют процесс, что важно для проектов с ограниченными сроками.

Визуализация результатов. Графическое представление напряжений и перемещений упрощает анализ и позволяет быстро выявлять слабые места конструкции.

Гибкость расчётов. Простота изменения модели позволяет оперативно сравнивать различные проектные решения для выбора оптимального варианта.

Оптимизация и экономия ресурсов. Возможность быстро подбирать и проверять разные варианты конструкций снижает затраты на материалы и предотвращает переделки во время строительства.

Таким образом, численное моделирование стало неотъемлемой частью современной строительной практики, повышая её эффективность, надёжность и экономичность.

Заключение

Развитие программных комплексов стало важным этапом в современной строительной практике. Такие системы, как ЛИРА-САПР и SCAD Office, позволяют выполнять универсальные расчёты конструкций, Tekla Structures отвечает за детальное информационное моделирование, а PLAXIS используется для анализа работы грунтов и оснований. Их совместное применение позволяет комплексно решать задачи проектирования – от расчётной модели до рабочих чертежей и проверки фундаментов.

Использование численного моделирования в Казахстане подтвердило его высокую эффективность при проектировании гражданских и промышленных объектов, особенно в сейсмических условиях. Инженерные решения, проверенные в программных комплексах, показывают надёжность в реальной эксплуатации. Дальнейшее развитие подобных программ и интеграция BIM-технологий будут способствовать повышению качества и безопасности строительства.

Список литературы

Лира-САПР (LIRA FEM). Многофункциональный программный комплекс для расчета строительных конструкций [Электронный ресурс] // Албау Стройсофт. – 2025.

SCAD Office. Интегрированная система для расчета и проектирования конструкций [Электронный ресурс] // ScadSoft – Официальный сайт.

Tekla Structures – программное обеспечение для BIM. Описание системы моделирования конструкций [Электронный ресурс] // Wikipedia – Свободная энциклопедия.

PLAXIS – геотехнический программный комплекс. Официальное описание продукта [Электронный ресурс] // Softprom.

Шингисов А.У., Назаров О.Т. Исследование современных программных комплексов для упрощения расчетов в многопролетные конструкции // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2025. – №2(131).

ТЕХНОЛОГИИ АВТОНОМНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ В МОДУЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: КРОСС-ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ОБЗОР

В условиях современного строительства достижение точности и эффективности в модульном строительстве является ключевой задачей. Технологии автономного выравнивания, способные автоматизировать точное позиционирование сборных модулей, становятся решением для повышения эффективности процессов модульного строительства. Эти технологии, основанные на принципах Индустрии 4.0, используют такие достижения, как компьютерное зрение, LiDAR и искусственный интеллект.

Технологии автономного выравнивания обеспечивают точное позиционирование и ориентацию крупных компонентов, таких как сборные модули, за счет интеграции систем датчиков, обработки данных и управления. Эти технологии определяют положение модулей, рассчитывают отклонения и обеспечивают корректировку в реальном времени, минимизируя вмешательство человека. Например, во время установки модулей системы компьютерного зрения могут распознавать края и углы, а LiDAR создает детализированные пространственные данные, обеспечивая точность на уровне миллиметров.

Классификация технологий выравнивания:

1. Системы компьютерного зрения

- Преимущества: Высокая точность (>90%) при определении краев и углов, обратная связь в реальном времени и сокращение времени выравнивания до 27,8%.

- Недостатки: Чувствительность к изменениям освещения и препятствиям, требующая продвинутой обработки изображений для повышения надежности.

2. Системы на основе LiDAR

- Преимущества: Искключительная точность на уровне миллиметров, устойчивая работа в различных условиях освещения и погоды, а также детализированные данные облака точек для сложных модульных конструкций.

- Недостатки: Высокие вычислительные требования и стоимость внедрения.

3. Дополнительные сенсорные технологии (например, ультразвуковые датчики, инерциальные измерительные модули — IMU)

- Преимущества: Надежное измерение расстояний и отслеживание ориентации, эффективная работа в сложных условиях.

- Недостатки: Меньшая абсолютная точность по сравнению с компьютерным зрением или LiDAR, лучше подходят для специфических функций.

Применение в модульном строительстве

Технологии автономного выравнивания могут быть интегрированы на различных этапах модульного строительства:

- Установка модулей: Системы компьютерного зрения и LiDAR направляют краны и роботизированные манипуляторы для точного позиционирования модулей на месте.

- Контроль качества: Данные облака точек от LiDAR позволяют сравнивать плановое и фактическое положение модулей, обеспечивая соответствие проектным спецификациям.

- Логистика на стройплощадке: Обратная связь в реальном времени оптимизирует транспортировку и размещение модулей, сокращая задержки и трудозатраты.

Эффективность и преимущества

Исследования подчеркивают преобразующий потенциал технологий автономного выравнивания в модульном строительстве:

- Сокращение времени выравнивания до 27,8%, что ускоряет выполнение проектов.

- Повышение точности, обеспечивающее структурное качество.

- Снижение зависимости от ручного труда, уменьшающее риски для безопасности и затраты.

- Повышение устойчивости за счет оптимизации процессов, минимизации отходов материалов и переделок.

Проблемы и ограничения

Несмотря на перспективы, технологии автономного выравнивания сталкиваются с препятствиями для широкого внедрения:

- Высокие первоначальные затраты: Передовые системы, такие как LiDAR, требуют значительных инвестиций в оборудование и программное обеспечение.

- Чувствительность к условиям окружающей среды: Системы компьютерного зрения могут быть менее эффективны при неблагоприятных условиях освещения или погоды, что требует дополнительной обработки.

- Вычислительные требования: Обработка больших объемов данных, таких как облака точек LiDAR, в реальном времени может вызывать задержки.

- Сложность интеграции: Адаптация технологий из других отраслей к строительным процессам требует настройки и обучения.

Текущие достижения в эффективности алгоритмов, снижении затрат и интеграции систем решают эти проблемы.

Примеры и кейсы

1. Портовые операции (глобально): Системы компьютерного зрения, адаптированные из автоматизированных портовых операций, достигают миллиметровой точности при позиционировании крупных контейнеров, предоставляя модель для модульного строительства.

2. Проект модульного строительства (Гонконг): Интеграция выравнивания на основе LiDAR сократила время установки модулей на 20%, повысив эффективность проекта.

3. Роботизированная сборка в производстве: Технологии, такие как IMU, заимствованные из производства, были протестированы в модульном строительстве для улучшения отслеживания ориентации в ограниченных условиях стройплощадки.

Перспективы развития

Современные исследования сосредоточены на совершенствовании технологий автономного выравнивания для модульного строительства:

- Гибридные системы: Комбинирование компьютерного зрения, LiDAR и дополнительных датчиков для баланса точности и адаптивности.

- Интеграция ИИ: Использование машинного обучения (например, LSTM, RNN) для улучшения принятия решений в реальном времени.

- Снижение затрат: Разработка масштабируемых и экономичных решений для демократизации доступа к передовым системам выравнивания.

- Интеграция в умное строительство: Внедрение технологий выравнивания в платформы цифровых двойников и автоматизированные строительные процессы для бесшовной работы.

Таким образом, интеграция технологий автономного выравнивания в модульное строительство соответствует глобальным целям устойчивого развития, поддерживая сертификации, такие как LEED и BREEAM. Кроме того, использование энергоэффективных датчиков и оптимизация на основе ИИ сокращает углеродный след строительных процессов, способствуя достижению целей нулевого выброса углерода. С развитием технологий, снижением затрат и интеграцией с умными системами эти технологии станут неотъемлемой частью энергоэффективного, высококачественного и устойчивого модульного строительства.

Список литературы

1. Li, X., Wang, Y., Zhang, L., et al. (2020). Application of computer vision for autonomous alignment in modular construction. *Journal of Construction Technology*.
2. Roriz, M., Silva, A., Gomes, J., et al. (2022). Leveraging LiDAR for improved module positioning accuracy in construction. *International Journal of Construction Engineering*.
3. Jin Lee, S., Kim, H., Park, J., et al. (2010). Complementary sensing technologies for enhanced alignment in construction processes. *Journal of Automation in Construction*.
4. Xu, Q., Wang, Z. (2020). Integration of inertial measurement units (IMUs) for orientation tracking in modular construction. *Construction Innovation*.
5. Martinez-Aires, M. D., Lopez-Alonso, M., Martinez-Rojas, M. (2018). Digital transformation in the construction industry: A review of Industry 4.0 technologies. *Journal of Construction Management and Economics*.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В современном строительстве автоматизация и цифровизация становятся ключевыми факторами повышения эффективности, качества и безопасности работ. Использование цифровых технологий позволяет оптимизировать процессы, минимизировать затраты и повысить производительность труда. Благодаря внедрению новых решений сокращаются сроки строительства, а также повышается экологическая устойчивость объектов. Современные строительные компании стремятся к внедрению передовых технологий для обеспечения конкурентных преимуществ и соответствия международным стандартам.

Цифровизация в строительстве охватывает все этапы жизненного цикла объекта – от проектирования и строительства до эксплуатации и демонтажа. Интеграция новых технологий требует разработки стандартов, подготовки специалистов и модернизации нормативной базы. Внедрение автоматизированных систем позволяет снизить количество ошибок, повысить точность расчетов и улучшить взаимодействие между всеми участниками строительного процесса.

Основные направления автоматизации и цифровизации

BIM-технологии (Building Information Modeling)

Позволяют создавать цифровые модели зданий с учетом всех инженерных систем.

Улучшают координацию между участниками проекта и минимизируют ошибки на этапе проектирования.

Способствуют интеграции данных на всех этапах жизненного цикла здания.

Повышают точность расчетов и облегчают управление строительными процессами.

Обеспечивают возможность виртуального тестирования конструкций перед началом работ.

Автоматизация строительных процессов

Использование роботизированных систем для кладки кирпича, сварочных работ, 3D-печати зданий.

Применение дронов для мониторинга строительных объектов и контроля качества.

Внедрение автономных строительных машин, способных выполнять сложные задачи без участия человека.

Развитие экзоскелетов для увеличения производительности и снижения нагрузки на рабочих.

Автоматизация работы кранов и другой строительной техники с применением ИИ.

Цифровые платформы и IoT (Интернет вещей)

Применение датчиков для контроля параметров строительства в реальном времени.

Автоматический учет материалов и оборудования.

Удалённое управление объектами и контроль над состоянием строительных конструкций.

Внедрение систем предиктивного обслуживания строительных объектов.

Повышение безопасности благодаря интеллектуальным системам мониторинга состояния рабочих и оборудования.

Искусственный интеллект и большие данные

Оптимизация строительных процессов с использованием машинного обучения.

Прогнозирование сроков выполнения работ и возможных рисков.

Анализ эффективности строительных проектов на основе накопленных данных.

Разработка интеллектуальных систем управления строительством.

Автоматический анализ проектной документации для выявления несоответствий и ошибок.

Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)

Виртуальные модели зданий для предварительного осмотра и оптимизации дизайна.

Использование AR-технологий для инструктажа работников и точного размещения элементов конструкции.

Улучшение взаимодействия между заказчиками, подрядчиками и проектировщиками.

Визуализация инженерных коммуникаций перед их установкой.

Цифровые двойники (Digital Twins)

Создание цифровых копий строительных объектов для мониторинга их состояния в реальном времени.

Прогнозирование эксплуатационных характеристик зданий.

Интеграция с IoT и BIM для комплексного управления инфраструктурой.

Использование данных для автоматического обновления цифровой модели объекта в процессе эксплуатации.

Преимущества цифровизации в строительстве

BIM-технологии – Снижение ошибок, улучшение координации, оптимизация проектирования.

Роботизация – Повышение точности и скорости работ, снижение трудозатрат.

IoT и датчики – Контроль качества и мониторинг безопасности, оперативное выявление дефектов.

Искусственный интеллект – Анализ данных, прогнозирование, минимизация рисков.

VR/AR – Улучшение планирования, оптимизация взаимодействия специалистов.

Цифровые двойники – Мониторинг состояния зданий, управление инфраструктурой.

Влияние цифровизации на строительные процессы



Автоматизация и цифровизация в строительстве значительно повышают его эффективность, уменьшают издержки и улучшают контроль качества. Внедрение новых технологий становится необходимостью для компаний, стремящихся к конкурентоспособности в современных условиях. Использование цифровых

решений не только увеличивает скорость реализации проектов, но и способствует более безопасной и экологически чистой работе на строительных площадках. В будущем можно ожидать дальнейшего развития инновационных технологий, включая интеграцию ИИ, робототехники и «умных» систем управления строительством.

Развитие технологий автоматизации приводит к изменению требований к квалификации специалистов. Поэтому особую роль играет образовательная подготовка кадров, способных эффективно работать с цифровыми инструментами. Кроме того, необходима модернизация нормативных актов, регулирующих использование новых технологий в строительстве. Внедрение стандартов BIM, IoT и цифровых двойников требует адаптации строительных норм и правил, что создаст благоприятные условия для цифровой трансформации отрасли.

Список использованной литературы:

1. Ахметов К.Ж. Цифровизация в строительной отрасли: перспективы и вызовы. – Алматы: КазНИИСА, 2022.
2. Официальные источники BIM-стандартов и международные исследования по цифровым технологиям.
3. Казанцев Ю.М. Интернет вещей и цифровые двойники в строительстве // Современные технологии в строительстве. – 2022. – №2. – С. 40-48.
4. Смирнов Д.А. Искусственный интеллект в управлении строительными проектами. – СПб: Научное издательство, 2020.

МАТЕРИАЛЫ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ ДЛЯ КОМФОРТА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗДАНИЯХ

В современных условиях энергосбережение и повышение энергоэффективности зданий являются приоритетными задачами строительной отрасли. В свете глобального изменения климата, роста стоимости энергетических ресурсов и ужесточения нормативных требований к тепловой защите зданий, возрастает необходимость использования инновационных строительных материалов. Одним из таких прогрессивных решений являются материалы с фазовым переходом (PCM — Phase Change Materials), способные аккумулировать и отдавать тепловую энергию за счёт изменения агрегатного состояния.

Суть технологии PCM

Материалы с фазовым переходом обладают уникальной способностью накапливать большое количество тепловой энергии при переходе из одного агрегатного состояния в другое — например, из твёрдого в жидкое и обратно. В процессе плавления PCM поглощают тепло окружающей среды, не изменяя своей температуры, а при кристаллизации — отдают накопленное тепло, снова не изменяя температуры. Это свойство позволяет сглаживать колебания температуры в помещениях, обеспечивая комфортные условия без дополнительного расхода энергии на обогрев или охлаждение.

Типичный пример: при нагреве днём PCM расплавляется, аккумулируя избыточное тепло. Ночью, когда температура понижается, материал кристаллизуется, отдавая тепло в помещение.

Классификация PCM

PCM можно классифицировать по химическому составу и физическим характеристикам:

1. Органические PCM — парафины, жирные кислоты.
 - Преимущества: стабильность, безопасность, невысокая стоимость.
 - Недостатки: низкая теплопроводность, потенциальная горючесть.
2. Неорганические PCM — соли-гидраты.
 - Преимущества: высокая плотность тепловой энергии, высокая теплопроводность.
 - Недостатки: склонность к переохлаждению, коррозия.
3. Эвтектические смеси — смеси органических и/или неорганических веществ с определённой точкой плавления.
 - Преимущества: стабильные температуры фазового перехода.
 - Недостатки: сложность производства и контроля свойств.

Области применения в строительстве

PCM находят применение в различных элементах здания:

- Гипсокартоновые и штукатурные панели с PCM обеспечивают терморегулирование стен и потолков.

- Полы с PCM — в частности, в «тёплых полах», где такие материалы могут эффективно регулировать температуру.

- Системы вентиляции и кондиционирования — PCM используются для аккумулирования и повторного использования охлаждающего или нагревающего потенциала воздуха.

Эффективность и преимущества использования PCM

Исследования показывают, что применение PCM в строительных материалах позволяет:

- Снизить потребление энергии на отопление и кондиционирование до 20–30%.

- Повысить уровень теплового комфорта (снижение амплитуды суточных температурных колебаний).

- Увеличить срок службы инженерных систем за счёт снижения их нагрузки.

Кроме того, использование PCM позволяет отложить пиковые нагрузки на энергосистему здания, что актуально при использовании возобновляемых источников энергии.

Недостатки и вызовы

Несмотря на очевидные плюсы, PCM пока не получили широкого распространения в массовом строительстве по нескольким причинам:

- Относительно высокая стоимость.

- Сложность интеграции в стандартные строительные технологии.

- Необходимость дополнительной герметизации (особенно для жидких PCM).

- Снижение эффективности при многократных циклах плавления-кристаллизации (старение материала).

Тем не менее, постоянное развитие технологий, снижение себестоимости и рост интереса к «зелёному строительству» стимулируют спрос на PCM и развитие соответствующих решений.

Примеры и кейсы

1. Проект ZAE Bayern (Германия): В здании были внедрены панели с PCM на основе парафинов, что позволило снизить температуру в помещениях на 3–5°C в летний период без использования кондиционеров.

2. Тестовое здание в Испании: Установка гипсокартона с PCM на южной стороне здания позволила экономить до 15% энергии на охлаждение летом.

3. Использование PCM в контейнерах-модулях (модульное строительство): особенно актуально в районах с резкими суточными перепадами температуры.

Перспективы развития

Современные научные исследования направлены на:

- Создание инкапсулированных РСМ, которые можно внедрять в бетон, штукатурку и другие строительные материалы без риска утечки.
- Повышение циклической стабильности материалов (то есть устойчивость к многократным фазовым переходам).
- Интеграцию РСМ в системы умного дома, где накопление и высвобождение энергии может управляться автоматикой.

Экологические аспекты и устойчивое строительство

Одним из важнейших факторов, способствующих интересу к материалам с фазовым переходом (PCM), является их вклад в устойчивое развитие и охрану окружающей среды. В условиях глобальной климатической повестки и усиления требований к экологичности зданий применение PCM способствует снижению углеродного следа строительной отрасли.

Использование таких материалов позволяет уменьшить нагрузку на системы отопления и кондиционирования, тем самым снижая потребление энергии, выработанной из ископаемого топлива. Это ведёт к сокращению выбросов парниковых газов, особенно в регионах с высокой энергетической зависимостью.

Кроме того, современные разработки в области PCM ориентированы на применение экологически безопасных и биоразлагаемых компонентов, а также на внедрение технологий вторичной переработки. Это делает их важной частью концепции «зелёного строительства» (Green Building), позволяя достигать высоких рейтингов по системам LEED, BREEAM и аналогичным стандартам.

Таким образом, материалы с фазовым переходом представляют собой перспективное направление в области энергоэффективного строительства. Несмотря на текущие технические и экономические ограничения, широкое внедрение PCM в строительную практику — вопрос времени. Их способность аккумулировать тепло и регулировать температурный режим без дополнительных затрат энергии делает их отличным решением для устойчивого развития и повышения комфорта в зданиях. С дальнейшим развитием технологий, снижением стоимости производства и интеграцией с системами автоматизации можно ожидать, что PCM станут неотъемлемой частью «умных» и энергоэффективных зданий будущего.

Список литературы

1. Kuznik F., David D., Johannes K., Roux J.J. A review on phase change materials integrated in building walls. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011.
2. Farid M.M., Khudhair A.M., Razack S.A.K., Al-Hallaj S. A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy Conversion and Management*, 2004.
3. Zhang Y., Zhou G., Lin K., Zhang Q., Di H. Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-the-art and outlook. *Building and Environment*, 2007.
4. Cabeza L.F., Castellón C., Medrano M., Leppers R., Zubillaga O. Use of microencapsulated PCM in buildings and the effect of implementation methods.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМФОРТНЫХ ШКОЛ В КАРАГАНДЕ

Современные тренды в проектировании школ активно ориентируются на использование новых технологий, устойчивость к климатическим изменениям и максимальный комфорт для всех участников образовательного процесса. В Караганде, как и во многих других городах, следует учитывать эти тренды и адаптировать их с учетом местных условий (рис.1) [1, 2].

1. Использование «умных» технологий.

Внедрение технологий «умного здания» позволяет контролировать и регулировать различные системы, такие как освещение, отопление, вентиляция и безопасность, с помощью автоматизированных систем. Это помогает значительно снизить эксплуатационные расходы, повысить комфорт и улучшить энергоэффективность. В школах Караганды можно использовать «умные» системы управления энергией и климатом, что особенно актуально с учетом жестких зимних температур и жаркого лета.

2. Энергосбережение и экологичность.

Проектирование школ с использованием экологически чистых материалов и технологий (например, солнечные панели, системы геотермального отопления, сбор дождевой воды) становится всё более важным трендом. Эти технологии позволяют значительно сократить потребление энергии, снизить углеродный след и создать устойчивую образовательную среду, которая будет в гармонии с природой.

3. Гибкость образовательных пространств.

Современные школы ориентированы на создание пространства, которое можно легко адаптировать под различные образовательные форматы: традиционные уроки, проектные работы, практические занятия, виртуальные классы и другие. Гибкость планировки и возможность многозадачности помещений позволит повысить эффективность образовательного процесса.

4. Инклюзивность.

Проектирование школ, доступных для детей с ограниченными возможностями здоровья, становится обязательным требованием. Внедрение доступной среды, которая включает пандусы, лифты, специализированные туалетные комнаты и учебные зоны, а также создание

специализированных классов для детей с особыми образовательными потребностями, способствуют созданию инклюзивной среды для всех.



Рисунок 1 – Особенности проекта

С учётом глобальных климатических изменений и проблем с экологической устойчивостью, проектирование школ в Караганде должно быть связано с внедрением решений, которые способствуют снижению воздействия на окружающую среду. Использование возобновляемых источников энергии, энергоэффективных технологий и архитектурных решений, направленных на снижение углеродного следа, станет важным приоритетом в проектировании будущих образовательных учреждений [3].

1. Устойчивость к климатическим изменениям.

С учётом изменения климата, проектирование школ должно включать меры для защиты от экстремальных погодных явлений, таких как сильные морозы зимой и высокая жара летом. Современные технологии утепления, вентиляции, а также системы, обеспечивающие автоматическое регулирование температуры, помогут создать комфортную атмосферу в школьных зданиях вне зависимости от погодных условий.

2. Гибкость в адаптации к условиям пандемии.

Пандемия COVID-19 показала важность гибкости в организации образовательных процессов. В школах должны быть предусмотрены помещения, которые можно быстро адаптировать для проведения занятий в

условиях карантина, например, с возможностью разнесённых классов или внедрения технологий для дистанционного обучения.

3. Создание здоровых образовательных пространств.

Понимание того, что здоровое образовательное пространство значительно влияет на физическое и психоэмоциональное состояние детей, требует использования природных материалов, улучшенной вентиляции, естественного освещения и удобных зон для отдыха и обучения. Эти аспекты должны быть включены в проектирование новых школ.

Для того чтобы проектирование и строительство новых школ в Караганде отвечало всем современным требованиям, важно разработать стратегию развития образовательной инфраструктуры, которая будет учитывать быстрое увеличение населения города и его образовательные потребности:

1. Долгосрочное планирование
2. Интеграция с городской инфраструктурой
3. Модернизация существующих школ
4. Партнёрство с частным сектором

Проектирование комфортной школы в Караганде требует комплексного подхода [4], который будет учитывать не только архитектурные и инженерные решения, но и климатические, социальные и культурные особенности региона. Создание школ, в которых учитываются все аспекты психоэмоционального комфорта учащихся, экологичности и энергоэффективности, поможет обеспечить условия для полноценного образования и гармоничного развития подрастающего поколения.

Процесс проектирования должен включать современные инновационные решения, такие как «умные» системы управления зданием, экологичные технологии, гибкость образовательных пространств, а также решения для инклюзивности и доступности. Все эти факторы способствуют созданию не только комфортной, но и безопасной образовательной среды для всех учащихся.

С учетом текущих вызовов и перспектив, город Караганда может значительно улучшить качество образовательной инфраструктуры, создав школы, соответствующие всем современным требованиям и обеспечивающие достойные условия для обучения и развития детей.

Список использованной литературы:

1. Бахматов, А. В. Архитектурное проектирование общеобразовательных школ. — М.: Архитектура-С, 2019.
2. Зубова, Н. И. Комфортная образовательная среда: теория и практика. — СПб.: Питер, 2020.
3. Санитарные правила и нормы (СанПиН) Республики Казахстан для учебных заведений. — Астана, 2021.
4. Ахметов, К. Т. Градостроительство Караганды: история и перспективы. — Караганда: КЭУК, 2020.

DEVELOPMENT OF HYDROPHOBIC CONCRETE FOR POTENTIAL USE
IN REINFORCED CONCRETE PILES

Reinforced concrete piles often suffer reduced durability in moist and aggressive environments due to high water absorption. This study presents a modified concrete mix incorporating a silicon-based hydrophobic admixture (0–0.6% by cement weight) aimed at lowering water absorption without compromising strength. The influence of the hydrophobic additive on concrete's water absorption, water impermeability, and strength characteristics was experimentally evaluated. Results show that an optimal admixture dosage (~0.2–0.4% of cement) nearly halves the concrete's water absorption and improves its water resistance grade from W4 to W10, while also raising compressive strength from 39 MPa to ~48 MPa. The developed hydrophobic concrete thus exhibits greatly enhanced resistance to moisture penetration and has the potential to significantly extend the service life of piles in aggressive operating conditions.

Modern construction demands durable reinforced concrete piles resistant to moisture and corrosion. High porosity and capillary absorption often lead to strength loss and reinforcement corrosion. Hydrophobic admixtures, especially organosilicon-based additives (silanes, siloxanes), effectively reduce water permeability without compromising strength. However, dosage optimization is critical to avoid interfering with cement hydration. This study develops an optimal hydrophobic concrete mix that significantly reduces moisture ingress and enhances long-term durability of reinforced concrete piles.

An integral hydrophobic admixture (organosilicon emulsion, 0–0.6% by cement weight) was directly incorporated into the concrete mix. Mixes comprised sulfate-resistant Portland cement (42.5), multi-fractional quartz sand (3:1 sand-to-cement ratio), and a polycarboxylate superplasticizer (W/C=0.3, class P5 workability). Four mixes were prepared: control (0%) and hydrophobic variants (0.2%, 0.4%, 0.6%).

Concrete specimens (100×100×100 mm cubes for compression, 40×40×160 mm prisms for flexural tests) were compacted on a vibrating table. After 24-hour ambient curing, specimens underwent steam curing (6 h at ~80°C) to simulate precast conditions, followed by moist curing (20°C, 95% RH) until tested at 28 days.

Compressive strength (hydraulic press), flexural strength (three-point bending), water absorption (mass gain after 48 h immersion), and water

impermeability (standard "wet spot" method, W-grade indicating maximum resistance pressure) were evaluated.

The key results of the experiments are summarized in **Table 1**. The inclusion of the hydrophobic admixture had a pronounced effect on the concrete's performance. Even a small dosage (0.2%) markedly reduced the water absorption and raised the water impermeability of the concrete. Specifically, the water absorption dropped from about 5.6% in the control mix to 3.3% at 0.2% additive, and further to 2.7% at 0.4% additive – roughly half of the control's value. Correspondingly, the water impermeability grade improved from W4 (control) to W8 at 0.2%, and to W10 at 0.4%, indicating the treated concrete can withstand up to ~1.0 MPa of water pressure without penetration (versus ~0.4 MPa for the control). At the same time, the admixture influenced the mechanical strengths: at low dosage (0.2%) both compressive and flexural strengths increased noticeably (from 39 MPa to 48 MPa in compression, and 4.5 MPa to 5.8 MPa in flexure). This improvement is likely due to a densification of the cement matrix and better paste-aggregate bonding achieved with a proper amount of hydrophobic agent. However, higher dosages (0.4–0.6%) led to a slight reduction in strength from that peak – the compressive strength dropped to 45 MPa at 0.4%, and ~40 MPa at 0.6%, which is comparable to the control mix (39 MPa). A similar trend was observed in flexural strength (declining to 5.1 MPa at 0.4% and 4.6 MPa at 0.6%). These results suggest there is an **optimal admixture content** around 0.2–0.4%, beyond which the excess hydrophobic compound may disrupt the cement hydration or create weak zones, offsetting its positive effects.

Table 1. Properties of Concrete Depending on the Content of the Hydrophobic Additive

Hydrophobic Additive, %	Water Absorption, %	Water Impermeability Grade	Compressive Strength, MPa	Flexural Strength, MPa
0	5,6	W4	39	4,5
0,2	3,3	W8	48	5,8
0,4	2,7	W10	45	5,1
0,6	2,8	W10	40	4,6

The results in graphical form are presented below.

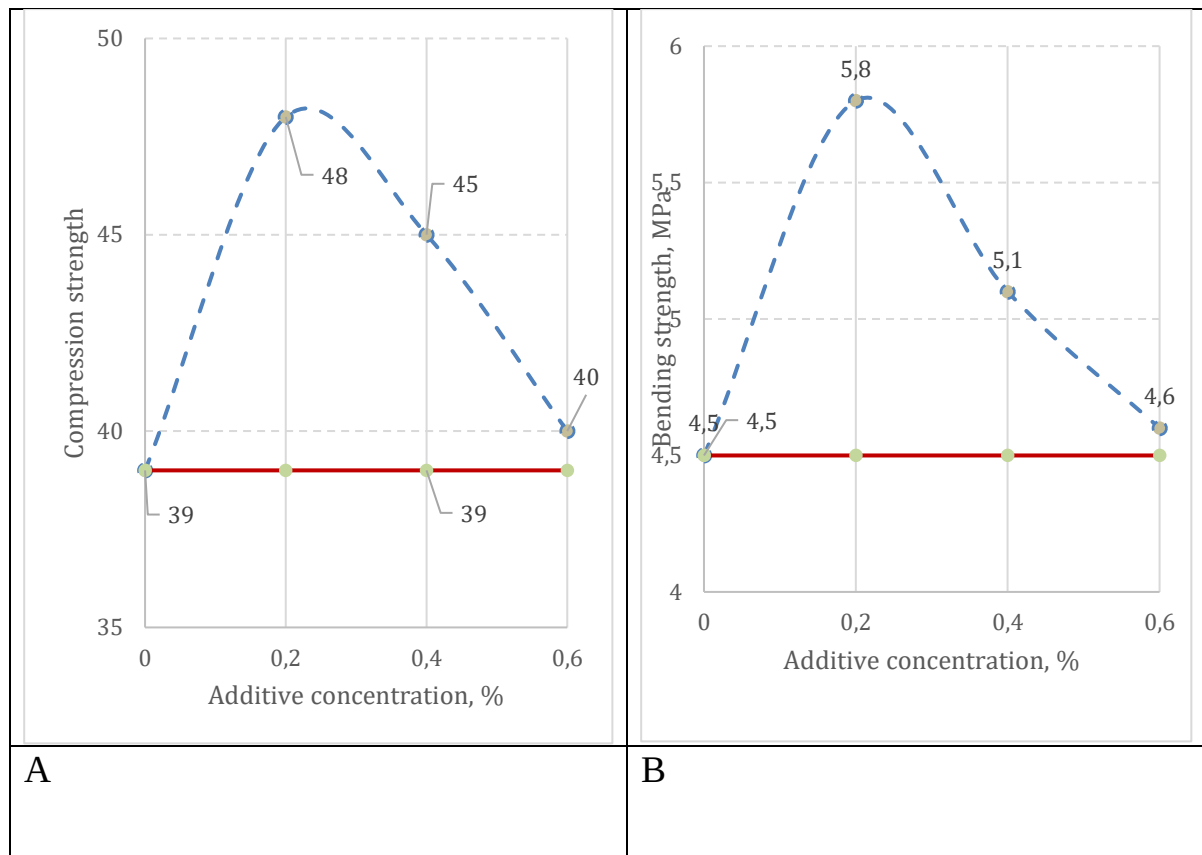


Fig. 1. Influence of Hydrophobic Additive Content on the Compressive and Bending Strength of Concrete

Optimally dosed hydrophobic concrete significantly enhances durability and service life of reinforced piles under aggressive moisture exposure, indicating strong potential for practical use.

References

1. Awwad et al., 2019. *Experimental Study on Pile Durability. Sustainable Civil Infrastructure.*
2. Jahandari et al., 2023. *Integral waterproof concrete review. Journal of Building Engineering.*
3. Al-Dulaimi et al., 2024. *Hydrophobic materials resistance. Infrastructure Preservation.*
4. Cai et al., 2022. *Nano-hydrophobic admixture effects. Materials.*
5. Pang et al., 2023. *Hydrophobic cement mortar analysis. Construction Building Materials.*

КӨЛІК ЖӘНЕ ЛОГИСТИКА

МАЙҚҰДЫҚ СТАНЦИЯСЫНДА «КАРАГАНДАНЕРУД» ЖШС КІРМЕ ЖОЛЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫ ТАРАЗЫНЫ ЕНГІЗУ

Жүктерді тиеу және түсіру көлемдерінің жыл сайынғы өсуін, станцияның жолдық дамуының жеткіліксіздігін, станцияның екі локамотив – құрастырушы бригадасы жүк операцияларына вагондарды беру және жинау жүргізілетін кірме жолдардың көптігін ескере отырып, қазіргі уақытта Майқұдық станциясының технологиялық жұмыс процесін жетілдіру қажеттілігі туындап отыр.

Механикалық таразыларды электронды таразыларға ауыстыру - бұл таразылардың тиімділігі мен дәлдігін жақсарту процесі. Таразыны модернизациялау кезінде дизайнға өзгерістер енгізіледі, ең жаңа технологиялар мен материалдар қолданылады, бұл дәлірек және сенімді өлшеу нәтижелеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Вагондардың өндеу уақытын азайтуын жақсарту және уақытты үнемдеудің негізгі шарасы – ескі механикалық таразыларды электронды таразыларға ауыстыру.

“ВТВ - С” теміржол вагон таразылары кез келген үлгідегі бос және тиелген вагондарды және жалпы құрамдарды ажыратып және ажыратпай вагондық статикалық өлшеуге арналған.

Таразының негізі екі-төрт жүк қабылдау құрылғысынан тұрады, олардың әрқайсысы төрт тензометриялық сенсорға бекітіледі.

Датчиктер жиынтық сигналды дербес компьютерге қосылған салмақ терминалына жібереді.

“ВТВ-С” вагон таразылары әртүрлі жүк көтергіштігінде шығарылады: салмақтың ең үлкен шегі 30 тоннадан 200 тоннаға дейін ауытқиды. Біз ұсынатын модельдердің кез келгені кем дегенде 10 жыл қызмет ету мерзімінде үздіксіз жұмыс істейді.

Стандартты жабдықтары:

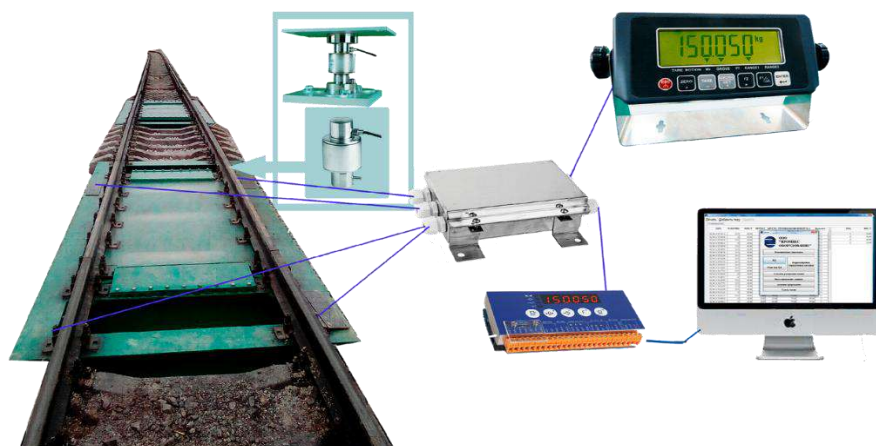
- жүк қабылдау құрылғысы, рельстермен жинақталған;
- екінші өлшеу түрлендіргіші ;
- тензометриялық датчиктер жинағы жинақтау тораптарымен;
- баланс қорабы;
- кабельдік сымдар;

- темірбетон негізін салуға арналған үлгі сызба;
- стандартты бағдарламалық жасақтама;
- техникалық құжаттама жиынтығы;
- қосылатын кабель;
- таразы құжаты.

Кесте 1

Жалпы сипаттамалар

Сипаттамалары	Мағынасы
ГОСТ OIML R 76-1-2011 бойынша таразы дәлдігі класы	Орташа(III)
Таразы арқылы максималды рұқсат етілген қозғалыс жылдамдығы	15 км/сағ
2000 сағат ішінде жұмыс істеу ықтималдығының мәні	0,92
Тексеру аралығы	1 жыл
Орташа қызмет мерзімі, кем емес	10 жыл
Салыстырмалы ылғалдылық	100% - ға дейін
Жұмыс температурасының диапазоны:	
- жүктеме ұяшықтары	50 – ден + 50 °С – ға дейін
- салмақ терминалы	10 - нан + 40 °С – ға дейін
Электр қуатының параметрлері:	
- кернеу	187 - ден 242 – ге дейін
- жиілігі	49 – дан 51 Гц – ге дейін
Қорғау дәрежесі:	
- қосымша құрылғы	IP 65
- сенсор	IP 68



Сурет 1.1 – ВТВ – С таразының сипаттамасы

Жол жүктерінің теміржол бойымен қозғалысын бақылау үшін қолданылатын таразылар белгілі бір талаптарға сай болуы керек. Вагон нормалары-бұл вагонмен бірге өлшенетін жүктердің өте үлкен партиялары. Олардың салмағы 200 тоннаға жетуі мүмкін, пойыздардың қозғалысына кедергі келтірмеу үшін дереу өлшеу керек. Осы талаптарды орындау үшін әр түрлі теміржол таразылары жасалды.

Вагондарға арналған таразы жүктерді статикалық және динамикалық түрде өлшеуге мүмкіндік береді. Бірінші нұсқада вагон тыныштықта өлшенеді. Өлшеу дәлдігін арттыру үшін оны басқа вагондардан ажырату керек, бірақ іс жүзінде бұл уақытты үнемдеу мақсатында жиі жасалмайды, нәтижесінде кіреберістің түзу және тегіс болуын қамтамасыз ету маңызды.

Динамикалық өлшеуге арналған теміржол таразылары вагонның салмағын төмен жылдамдықпен өлшейді - 5-10 км/сағ, 60 км/сағ жылдамдықпен жүретін вагондарды өлшеуге мүмкіндік беретін жабдық бар, бірақ өлшеу дәлдігі төмен болады.

ВТВ - С вагон таразыларының артықшылықтары.

Темір жол таразыларының негізгі артықшылықтары - ең қиын жағдайларда (агрессивті ортада және 50-ден + 50 °C-қа дейінгі температурада) жоғары сапа, беріктік, сенімділік және пайдалану қабілеті.

Сондай - ақ, таразы жабдықтары зауыты рычагты және электронды вагон таразыларын жетілдіру бойынша қызмет көрсетеді-кәсіби жөндеу және техникалық қызмет көрсету. Қажет болса, қосалқы компоненттік жабдықты сатып алу мүмкіндігі бар.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Балғабеков Т.К., Исина Б.М., Кенжекеева А.Р. «Пойыздар қозғалысын басқару» пәні бойынша «Теміржол желісінде тасымалдау және өткізу қабілетін өсіру» Қарағанды 2011ж.
2. Берестов. П.С. Весоизмерительное оборудование в складской логистике. - М.: Дело, 2004. – 134 с.
3. Кемени Т. Новейшие достижения в весостроении// Измерение, контроль, автоматизация. - 2001. - №5. - С.28-35.

МЕТОДИКА ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Литий-ионные аккумуляторные батареи, используемые в электромобилях, подвержены естественным процессам деградации, что приводит к ежегодной потере ёмкости на 2–3% при стандартных условиях эксплуатации. Однако несоблюдение оптимальных режимов зарядки, экстремальные температурные воздействия и глубокие разряды могут значительно ускорять данный процесс, снижая остаточную ёмкость до 20% за пять лет эксплуатации.

Эффективность и срок службы батареи напрямую зависят от соблюдения эксплуатационных параметров, поэтому корректная работа систем управления заряда/разряда является критически важной.

Настоящая методика направлена на снижение интенсивности деградации аккумуляторных батарей на 10–20%, что позволит увеличить их срок службы. Основные факторы деградации и их влияния представлены в таблице 1.

Таблица 1

Факторы деградации и их влияние на состояние аккумуляторной батареи

Фактор деградации	Средняя потеря ёмкости в год	Описание влияния
Зарядка до 100%	+1–1,5%	Ускоренный износ электродных материалов
Разряд до 0%	+1–2%	Увеличенная нагрузка на химическую структуру ячеек
Частая быстрая зарядка (>150 кВт)	+2–3%	Интенсификация роста внутреннего сопротивления
Температура выше 40°C	+3–5%	Разрушение электролита и снижение стабильности ячеек
Температура ниже -10°C	+1–2%	Снижение эффективности работы электролита
Неравномерность заряда ячеек	+1–2%	Локальная деградация отдельных элементов

Одним из ключевых факторов, влияющих на срок службы аккумуляторных батарей электромобиля, является уровень зарядки. Проведённые исследования показывают, что зарядка литий-ионных батарей до 100% сопровождается повышением напряжения на ячейках, что, в свою очередь, ускоряет деградационные процессы, потерю лития и увеличение

внутреннего сопротивления. Для минимизации этих эффектов в условиях повседневной эксплуатации рекомендуется ограничивать уровень максимального заряда до 80%. Такой подход позволяет существенно снизить напряжённость электрохимических процессов и, по оценкам различных источников, увеличивает срок службы аккумуляторной батареи на 20–30% по сравнению с эксплуатацией в полном диапазоне заряда.

Другим важным аспектом является контроль глубины разряда. Глубокий разряд, особенно ниже 15% от номинальной ёмкости, способствует ускоренному старению. Для предотвращения этих эффектов на практике внедряются системы автоматического ограничения энергопотребления при снижении уровня заряда ниже 10%. Это позволяет избежать работы батареи в критически низком диапазоне, тем самым снижая годовые темпы деградации на 2–3% в сравнении с неограниченной эксплуатацией.

Кроме того, интенсивное использование высокомоощных зарядных станций с выходной мощностью более 150 кВт оказывает отрицательное влияние на ресурс батареи. Быстрая зарядка сопровождается повышенной температурой. В целях повышения долговечности рекомендуется ограничивать использование таких станций, отдавая предпочтение зарядным устройствам мощностью 50–75 кВт. Согласно расчетам, это позволяет сократить темпы деградации в среднем на 1,5% ежегодно.

Также критичным фактором является температурный режим эксплуатации аккумулятора. Превышение температурного порога в 40°C во время зарядки способствует ускоренному разрушению электролита и потере ёмкости. Наиболее эффективным решением в этом случае является использование системы активного охлаждения, обеспечивающей поддержание температуры батареи в пределах 15–30°C. Поддержание температуры в данном диапазоне позволяет снизить скорость деградации на 3–5% в год, особенно в условиях высоких климатических температур или интенсивной зарядки.

Таким образом, комплексный подход, включающий ограничение уровня зарядки, предотвращение глубокого разряда, снижение мощности зарядки и термоконтроль, позволяет замедлить темпы деградации аккумуляторных батарей увеличивая их эксплуатационный ресурс от 8-10 лет до 12-15 лет. Это значительно снижает экономические издержки на замену аккумуляторов.

Список использованных источников

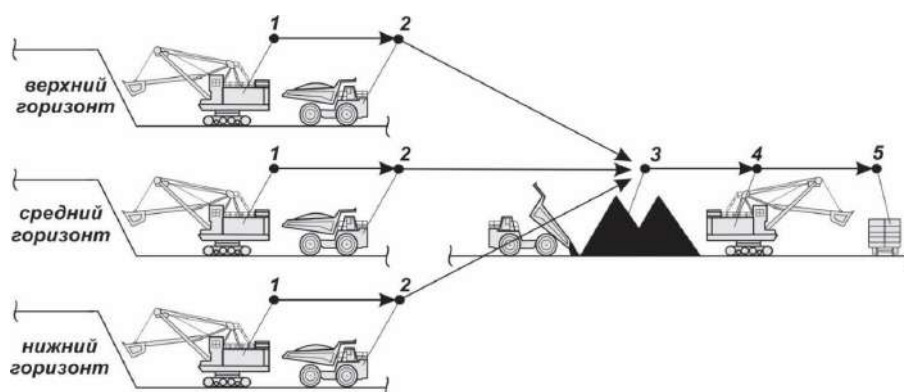
1. *Электромобили - перспективы и пути развития: научная статья / Т.Е. Мельникова, С.Е. Мельникова, В.В. Завязкина. – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, 2019.*

2. *Триумф инжиниринг [Электронный ресурс] / Тяговые литий-ионные батареи Tesla <http://triumph.engineering/info/articles/tyagovye-litii-ionnye-batarei-tesla-chtovnutri/>. – Дата доступа: 17.03.2022*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Развитие открытого способа разработки месторождений сопровождается увеличением глубины и пространственных размеров карьеров и разрезов, сложностью транспортирования горной массы.

К примеру, на Борлинском месторождении (разрез «Молодежный» ТОО «Kazakhmys Coal») применяется цикличная технология добычи угля на трех горизонтах – верхнем, среднем и нижнем. Максимальная глубина разреза составляет примерно 130-140 м. В забоях добычных горизонтов уголь грузится электрическими и гидравлическими экскаваторами в автосамосвалы БелАЗ 75131. Автосамосвалами уголь доставляется от забоев до усреднительных складов, где ведется погрузка угля на железнодорожный транспорт (рисунок 1) [1].



- 1 - добычные экскаваторы, 2 - автосамосвалы БелАЗ 75131,
3 - усреднительные склады, 4 - погрузочные экскаваторы,
5 - железнодорожный транспорт.

Рисунок 1 –цикличная технология добычи угля на разрезе
«Молодежный»

При непрерывном увеличении глубины карьеров, цикличная технология с автомобильным и железнодорожным транспортом будет вести к ухудшению технико-экономических показателей за счет увеличения стоимости процесса транспортирования. На каждые 100 м глубины карьера стоимость автотранспорта грузоподъемностью 25-40 т увеличивается в 1,5-1,6 раза. Железнодорожный транспорт на большинстве глубоких карьеров будет исключен по условиям невозможности вписывания его в сравнительно небольшие параметры карьеров. Учитывая, что проектная глубина многих карьеров составляет 100 м и более, перспективным представляется внедрение

циклично-поточной технологии с использованием конвейерного транспорта.

Кафедрой «Промышленный транспорт имени профессора А.Н.Даниярова» разработаны конструкции карьерных пластинчатых конвейеров ПКС-140 и ПКН-140, предназначенные для транспортировки крупнокусовой (до 1200 мм) горной массы из карьеров. Исследования пластинчатых конвейеров показали явное преимущество перед ленточными конвейерами, однако и они имеют существенные недостатки. Большая металлоемкость и маленькая скорость транспортирования требуют внедрения новых технологически эффективных решений.

Применение линейных электродвигателей в конструкции пластинчатого конвейера позволит снять ограничения по скорости транспортирования, а так же снизить металлоемкость за счет исключения цепного тягового органа и, тем самым, повысить производительность и технический уровень пластинчатого конвейера. Используя современные композитные материалы (ПКМ) углепластики и органопластики, например кевлар в отдельных элементах конвейера, можно дополнительно добиться снижения общей массы при сохранении равной прочности [2].

Увеличение скорости транспортирования горной массы соответственно увеличивает динамические нагрузки на стационарные и подвижные элементы конвейера.

Грузонесущие пластины конвейеров перемещаются на ходовых роликах по направляющим. В стыках соединении направляющих имеется технологический зазор и при движении ходовые ролики попадая в зазор, совершают соударение с торцом следующей направляющей, в результате чего возникают большие динамические нагрузки, приводящие к разрушению несущих стационарных и подвижных элементов конструкций конвейеров [3].

Для определения силы удара в стыках при теоретических исследованиях, произведен расчет по методике изложенной в [4] для различных скоростей движения и при постоянном технологическом зазоре $d = 10 \text{ мм}$.

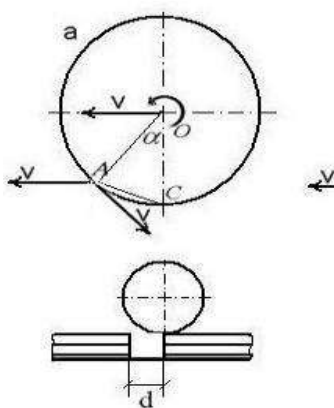


Рисунок 1 – Схема движения ролика по направляющим конвейера.

Были произведены расчеты и определены значения импульса удара I_y (тм/с), силы удара взаимодействия ролика и направляющей P_0 (кН) и τ (мс) – длительность ударного взаимодействия ролика и направляющей при скоростях движения роликов в диапазоне от 1 м/с до 5 м/с.

По полученным расчетным значениям построены диаграммы (рисунок 2), из которых видно, что с увеличением скорости конвейера увеличивается сила удара ролика о грань направляющей, которая в свою очередь, будет приводить к разрушению самого ролика и его направляющей.

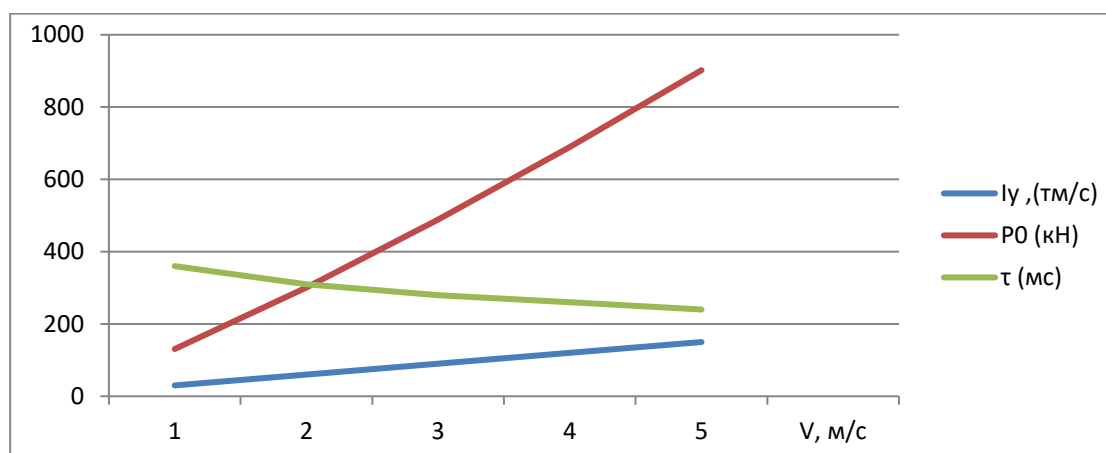


Рисунок 2 – Диаграммы зависимостей импульса, силы и длительности удара от скорости движения ролика конвейера.

Для снижения силы удара, защиты стационарных и подвижных (ходовых) элементов конвейера разработана конструкция стыкового соединения, которая позволит уменьшить или полностью устранить технологический зазор (до 20 мм) в стыках. Данная конструкция стыкового соединения защищена патентом[5].

Список использованных источников

1. Т. М. Igbaev, N. A. Daniyarov, A. K. Kelisbekov, A. Z. Akashev – «Improving the energy efficiency of the explosive pulse during drilling and blasting operations to increase the quality of crushing and conditions for conveyor delivery of overburden rocks in quarries and sections» – журнал *Communications* №2-2025.
2. Акашев А.З., Косбармаков С.Ж. – «Ашық таукен қазбаларында көлік құралдарын пайдалану тиімділігі» – КарТУ имени Абылқаса Сагинова, Труды университета №4-2023.
3. Акашев А.З., Қанат Ф.Е. Особенности транспортирования горной массы пластинчатым конвейером. Труды Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12) 18-19 июня 2020г.-Караганда: Изд-во КарГТУ, 2020, часть2. – С. 530-532.
4. Л. А. Манашкин, С. В. Мямлин, В. И. Приходько - Оценка силы ударного взаимодействия колеса и рельса на стыке двух рельсов. Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепрпетровского национального университета железнодорожного транспорта, 2008.
5. Балабаев О.Т., Акашев А.З., Рожков А.В., Косбармаков С.Ж., Бейсембаев Д.М., Қанат Ф.Е. «Направляющие ходовых роликов пластинчатого конвейера» – патент № 5153 на полезную модель - 23.04.2021.

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН В 2025 ГОДУ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Транспортная логистика Республики Казахстан в 2025 году продолжает развиваться в условиях глобальных экономических изменений, геополитических вызовов и технологических трансформаций.

Стратегическое расположение страны на пересечении ключевых транспортных коридоров между Европой и Азией предоставляет уникальные возможности для укрепления её роли в международной торговле и транзите.

Транспортная логистика является ключевым элементом экономики Казахстана, играющим важную роль в обеспечении эффективного функционирования внутренних и международных торговых потоков [1].

В 2022 году была утверждена Концепция развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года, которая включает в себя следующие целевые индикаторы:

- Рост производительности труда в секторе "Транспорт и складирование" к уровню 2019 года: 19,3% в 2025 году.
- Рост инвестиций в основной капитал "Транспорт и складирование" к уровню 2019 года: 90,9% в 2025 году.
- Приведение и содержание 100% сети автодорог международного и республиканского значения в нормативном техническом состоянии: 94% в 2025 году.
- Увеличение доли частных перевозчиков в перевозке грузов железнодорожным транспортом: 15% в 2025 году [2].

Казахстан продолжает реализацию масштабных проектов по модернизации транспортной инфраструктуры. Планируется капитальный и средний ремонт 11 тыс. км автодорог республиканского значения за 386,3 млрд тенге. Взимание платы на этих дорогах будет доведено до 45% в 2025 году. Также внедряются системы управления дорожным движением, автоматизированные измерительные средства и системы видеомониторинга.

Транскаспийский международный транспортный маршрут (ТМТМ) представляет собой важный логистический маршрут, соединяющий Китай, Казахстан, Азербайджан, Грузию и Турцию, обеспечивая транзит товаров из Китая в Европу. В текущем году ожидается увеличение объёмов перевозок по этому маршруту, благодаря улучшению инфраструктуры и внедрению цифровых технологий. В частности, казахстанская компания KTZ Express и сингапурская Global DTC объявили о запуске проекта создания цифрового коридора на ТМТМ, включая систему Tez Customs для

электронного таможенного оформления и систему Digital Trade Corridor для отслеживания грузов в реальном времени. Планируется создание современных торгово-логистических хабов вблизи границ на ключевых направлениях торговых потоков. Ожидается открытие комплекса «Хоргосский узел» на границе с Китаем, центра трансграничной торговли «Евразия» на границе с Россией,

индустриального торгово-логистического комплекса (ИТЛК) на границе с Кыргызстаном, контейнерного хаба «Каспийский узел» на границе с Узбекистаном и международного центра промышленной кооперации «Центральная Азия» [3].

Одним из основных препятствий для развития логистики в Казахстане являются высокие логистические расходы, которые могут достигать 25% от стоимости конечной продукции. Это значительно выше среднемирового показателя, составляющего около 11%. Высокие затраты обусловлены износом транспортной инфраструктуры, недостаточной развитостью придорожного сервиса и сложностью таможенных процедур [4].

Несмотря на достигнутые успехи, транспортная логистика Казахстана сталкивается с рядом проблем:

- Нехватка квалифицированных кадров в области логистики. По данным исследования KPMG, только 10% логистов в Казахстане имеют высшее образование в области логистики, а 40% — среднее профессиональное образование.
- Отсутствие профессиональных стандартов и сертификации в логистическом секторе.
- Низкий уровень цифровизации логистических процессов. По данным исследования PwC, только 15% логистических компаний Казахстана используют цифровые технологии в своей деятельности.
- Необходимость улучшения транспортной связанности, включая автомобильные, авиационные и железнодорожные линии. На эту цель до будет направлено 7,6 трлн тенге.

Казахстан продолжает стремиться к укреплению своей роли в международной транспортной логистике. Ожидается, что развитие мультимодальных транспортных коридоров, внедрение цифровых технологий и модернизация транспортной инфраструктуры позволят значительно повысить эффективность логистических операций и укрепить позиции страны на международной арене.

Хотя в последние годы наблюдается рост внедрения цифровых технологий в логистику, уровень цифровизации остается недостаточным. По данным исследования PwC, только 15% логистических компаний Казахстана используют цифровые технологии в своей деятельности. Отсутствие интегрированных информационных систем и автоматизации

процессов ограничивает эффективность и прозрачность логистических операций.

Казахстан активно инвестирует в развитие транспортной инфраструктуры. За последние 15 лет в отрасль было вложено около 35 миллиардов долларов США, и планируется дальнейшее увеличение инвестиций до 20 миллиардов долларов США. Это позволит модернизировать существующие объекты и строить новые, улучшая качество и пропускную способность транспортных сетей.

Внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) является важным шагом к повышению эффективности логистики. К 2025 году планируется внедрить ИТС, которая позволит отслеживать движение грузов в реальном времени, автоматизировать таможенные процедуры и улучшить управление дорожным движением. Это приведет к снижению затрат и повышению качества обслуживания [4].

Цифровизация логистических процессов открывает новые возможности для оптимизации операций. Использование больших данных, искусственного интеллекта и блокчейн-технологий позволит улучшить прогнозирование спроса, оптимизировать маршруты и повысить прозрачность цепочек поставок.

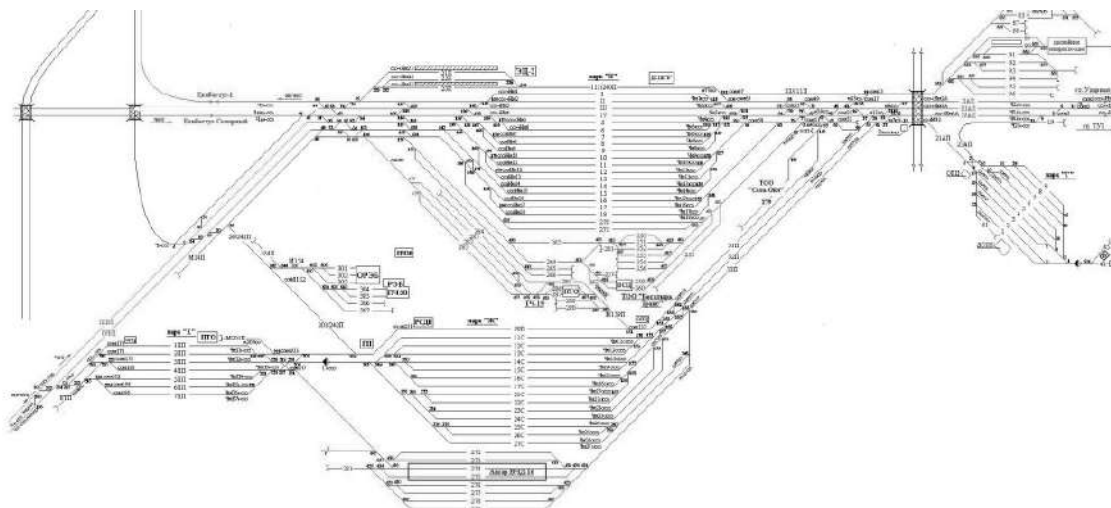
Казахстан продолжает стремиться к укреплению своей роли в международной транспортной логистике. Ожидается, что развитие мультимодальных транспортных коридоров, внедрение цифровых технологий и модернизация транспортной инфраструктуры позволят значительно повысить эффективность логистических операций и укрепить позиции страны на международной арене. Активные инвестиции в инфраструктуру, развитие транзитных коридоров, внедрение интеллектуальных транспортных систем и цифровизация процессов открывают новые перспективы для отрасли. Эти меры способствуют повышению эффективности логистики, улучшению качества обслуживания и укреплению позиций Казахстана как важного транзитного хаба в Евразии.

Список использованных источников

1. *Геостратегия Казахстана. Казправда.* <https://kazpravda.kz/n/geostrategiya-kazahstana/>
2. *Об утверждении Концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года.* adilet.zan.kz
3. *Транспортное развитие Казахстана: перспективы и вызовы.* <https://dknews.kz>, <https://kazlogistics.kz>, kapital.kz+1ozgeris.info
4. *Казахстан: транзитный хаб Евразии и его геополитика.* [Tengrinews.kz](https://tengrinews.kz), <https://tengrinews.kz/article/kazahstan-glavnyiy-transportnyiy-hab-evrazii-ili-ne-byit-2647/>

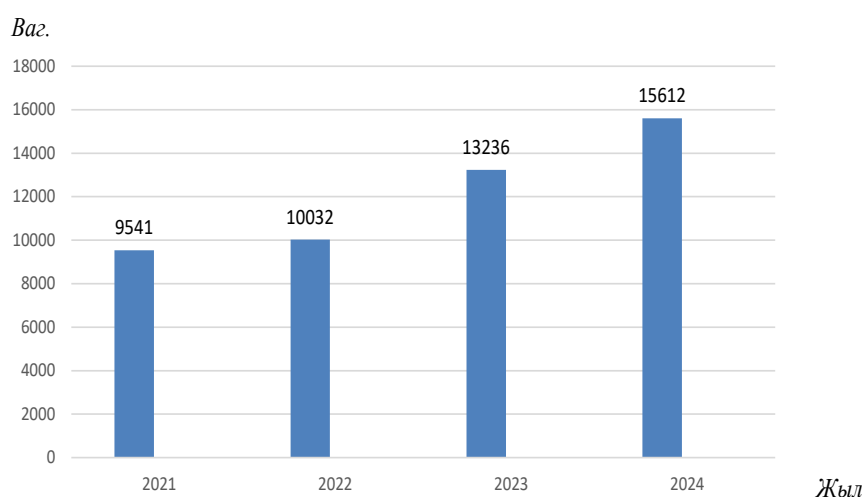
ЕКІБАСТҰЗ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ВАГОНОАЙНАЛЫМЫН БОЛЖАУ

«Екібастұз» станциясы жұмыс сипаты бойынша жүк станциясы болып табылады және сыныптан тыс санатқа жатады [1].



Сурет 1 – «Екібастұз» станциясының жол дамуы

Осы зерттеуде «Екібастұз» теміржол станциясының жұмысына талдау жүргізу барысында станцияның негізгі көрсеткіші – вагоноайналым бойынша болжау есептелді (сурет 2).

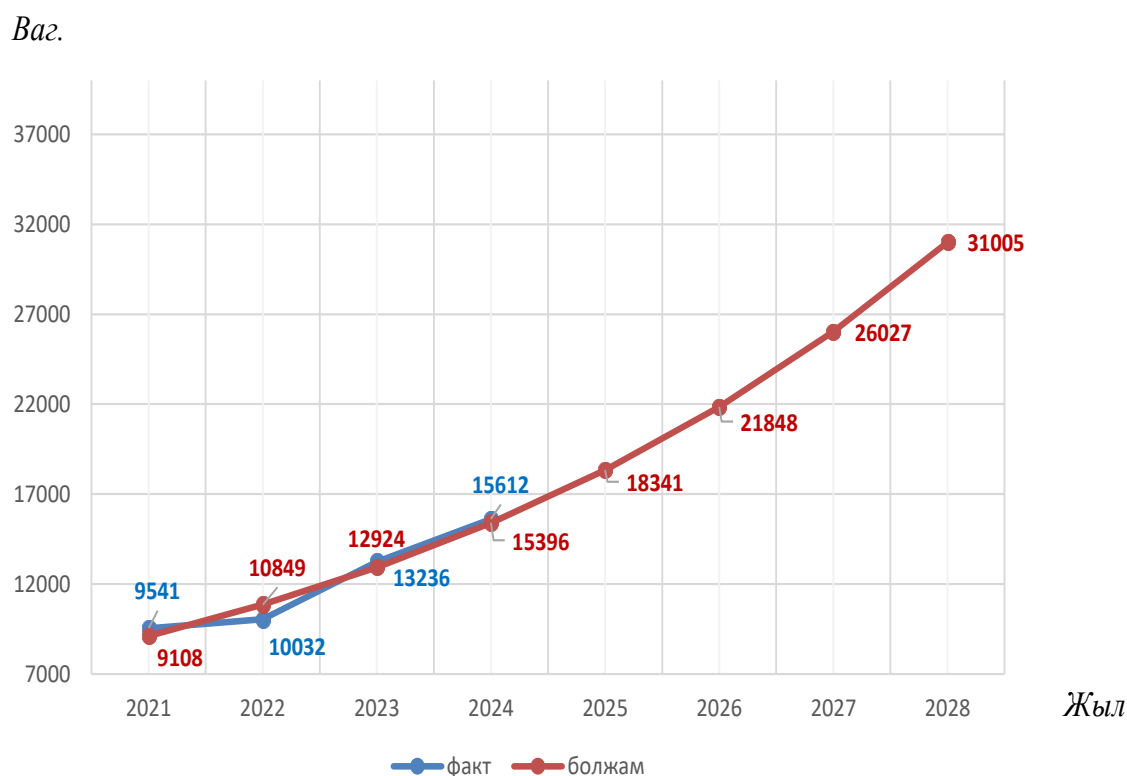


Сурет 2 – «Екібастұз» станциясының вагоноайналымын нақты мәндері

Вагооайналымды болжау жалпыға белгілі типтік әдістеме [2] мен бастапқы деректер негізінде орындалды [3]. Нәтижесінде, «Екібастұз» станциясының негізгі көрсеткіші – вагооайналымды болжауға арналған есептік функция алынды

$$U_{\text{ваг.}} = 642421 \cdot e^{0,054 \cdot (T-2021)}.$$

Вагооайналымның болжамдық функция мәндерінің графигі 3 суретте келтірілген.



Сурет 3 – «Екібастұз» станциясының вагооайналымын болжау

Осылайша, жүргізілген зерттеу нәтижелері қолданбалы мәнге ие және теміржол көлігі саласындағы мәселелермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық мамандар үшін қызығушылық тудырады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. «Екібастұз» станциясының техникалық-өкімдік актісі.
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Математикалық талдаудың есептік әдістері. – Мәскеу: Электрондық оқу басылымы, 2017. – 512 Мб.
3. «Екібастұз» станциясының технологиялық жұмыс үдерісі.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СВАП-КОМПЛЕКТОВ В
МЕХАНИЗМАХ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Развитие электрического транспорта и ужесточение экологических норм в Европе, Китае, и Японии, во всем мире привело к значительному росту рынка «контрактных» запасных частей. В Казахстане активно практикуется модернизация коммерческого автотранспорта с установкой надежных «контрактных» силовых агрегатов утилизированных автомобилей (Тойота, Мерседес Бэнз, Ниссан). Данные укомплектованные силовые агрегаты со значительным моторесурсом называют свап-комплектами («swar kit» перевод с английского языка «комплект для замены») [1].

В связи с этим предлагается применять подобные подкапотные штатные свап-комплекты в приводах насосов, электрогенераторов, компрессоров, рефрижераторов и других механизмов транспортной техники. К ним можно отнести водный, карьерный транспорт, машины гидромеханизации и дорожную технику.

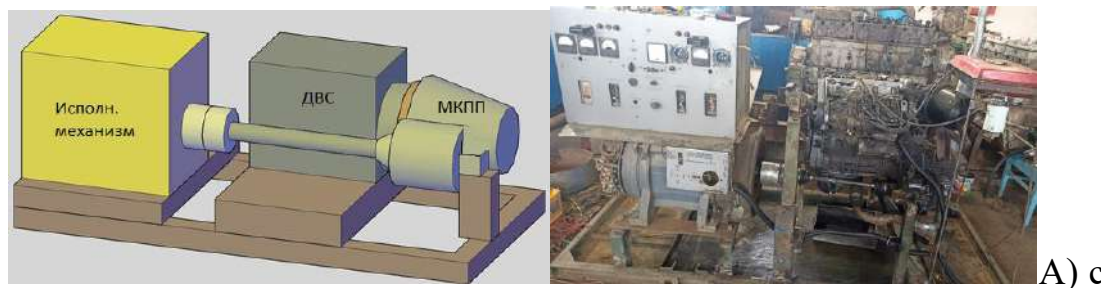
Эксплуатация подобных свап-комплектов в механизмах транспортной техники имеет практическую значимость. Запасные части к ним распространены, что позволяет сэкономить ресурсы, снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт, а также улучшить эксплуатационные характеристики, позволяющие снизить затраты в сравнении с затратами на эксплуатацию и капитальный ремонт штатного силового агрегата.

Для оценки эффективности идеи необходимо провести анализ нескольких факторов, таких как определение технического состояния, определение остаточного моторесурса, доступность запасных частей, надежность силовых агрегатов, совместимость с требуемыми исполнительными механизмами, стоимости адаптации агрегатов, а также потенциальные экономические и экологические выгоды производства.

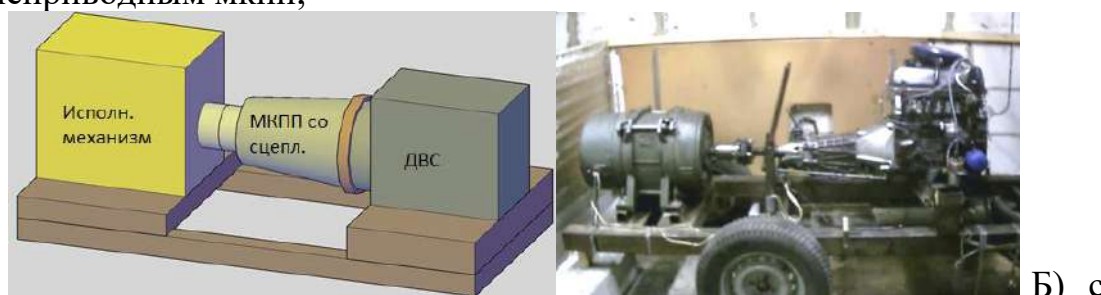
Выбор конфигурации выполняется в зависимости от типа исполнительного механизма, его скоростных характеристик, режима работы и планируемой наработки агрегата [2].

По результатам исследования оптимальным приводом, с возможностью эффективного использования запаса мощности и крутящего момента двигателя, является привод со штатным переднеприводным или заднеприводным мкпп (или акпп) [2; 3; 4].

На примере рисунка 1 разработаны привода с данными элементами. Собранный узел ДВС-сцепление-МКПП комплектуется штатными амортизирующими подушками с кронштейнами и подрамником, штатными системой охлаждения, системой зажигания и выпускной системой.



переднеприводным МКПП;



заднеприводным МКПП

Рисунок 1 – Оборудование на базе автомобильных агрегатов переднеприводной, и заднеприводной МКПП.

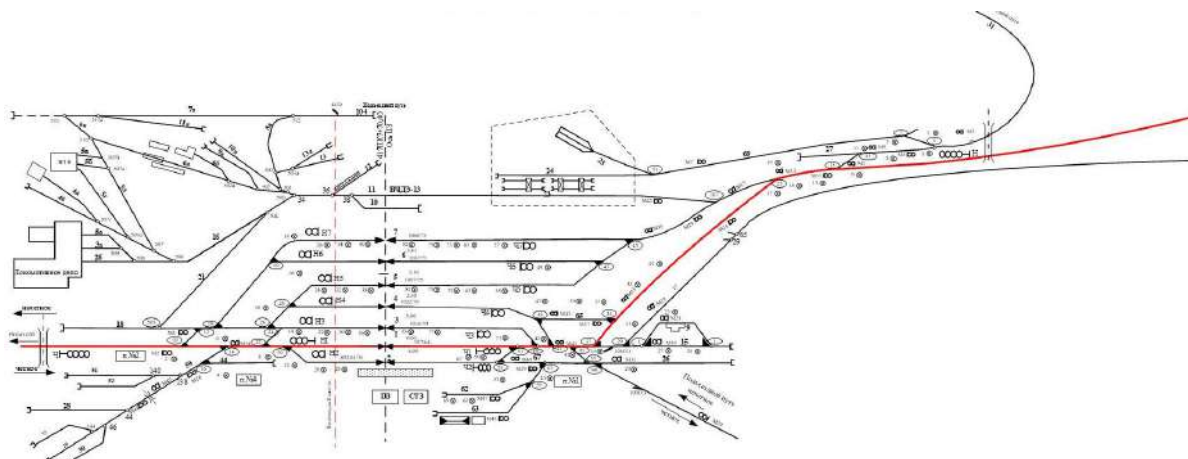
На основе литературных источников и исследования оценки технического состояния агрегатов свап-комплекта, режима предполагаемой работы, надежности, долговечности, ремонтпригодности применяемых силовых агрегатов, можно определить эффективность эксплуатации и рентабельность изготовления привода исполнительного механизма.

Список использованных источников

- 1 Интернет-ресурс – Выбор двигателя для Свапа. – [Электронный ресурс]. – <https://www.drive2.ru/l/3261480>
- 2 Аймуханов, Д.С., Кадыров, А.С., Лукаш Варгула и др. Применение «контрактных» автомобильных силовых агрегатов в качестве привода исполнительных механизмов транспортной техники [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2025. – №1. – С. 298.
- 3 Фаттахов, Р.Х. Компоновка привода общего назначения на сварной раме: методические указания к выполнению курсовых проектов по курсам «Детали машин и основы конструирования», «Детали машин» и «Основы проектирования и конструирования» [Текст]/ Р.Х. Фаттахов, Г.А. Клещарева, В.Г. Ставищенко. Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 48 с.
- 4 Дунаев, П.Ф., Леликов, О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб.пособие для студ. техн. спец. вузов [Текст]. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.

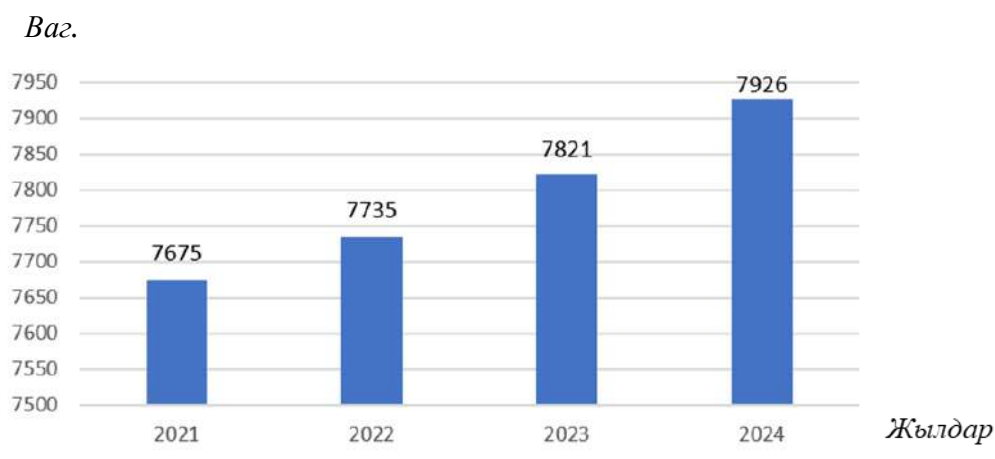
ЖЕЗҚАЗҒАН СТАНЦИЯСЫНЫҢ ВАГОН АЙНАЛЫМЫН БОЛЖАУ

«Жезқазған» станциясы қызметінің сипаты бойынша жүк станциясы болып табылады және бірінші сыныпқа жатады [1]. Станцияның жол дамуы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – «Жезқазған» станциясының жол дамуы

Осы зерттеуде «Жезқазған» теміржол станциясының жұмысына талдау жүргізу барысында станцияның негізгі көрсеткіші – вагон айналымына болжам жасау орындалды (2-сурет).

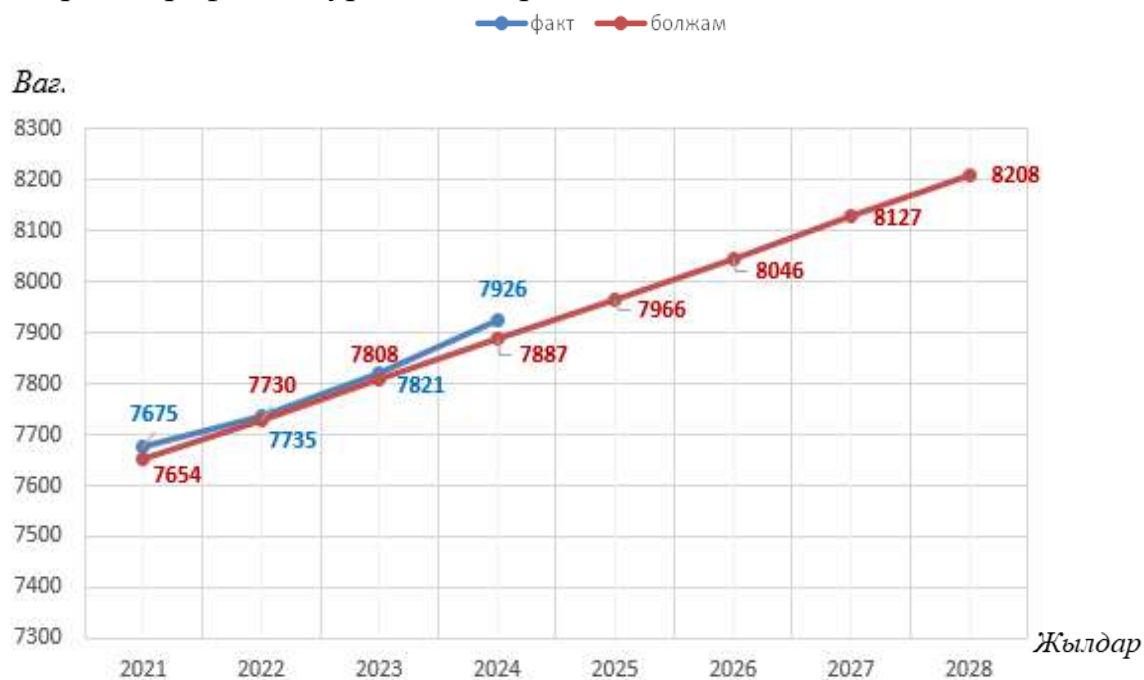


Сурет 2 – «Жезқазған» станциясының вагон айналымын нақты мәндері

Вагон айналымына болжам жасау есебі жалпыға белгілі үлгілік әдістеме [2] және бастапқы деректер [3] бойынша орындалды. Нәтижесінде «Жезқазған» станциясының негігі көрсеткіші – вагон айналымын болжауға арналған болжамдық функциясы алынды:

$$U_{\text{ваг.}} = 1014 \cdot e^{0,0239 \cdot (T-2019)}.$$

Фактілік вагон айналымы мәндерінің және болжамдық функция мәндерінің графигі 3-суретте келтірілген.



Сурет 3 – «Жезқазған» станциясының вагон айналымын болжау

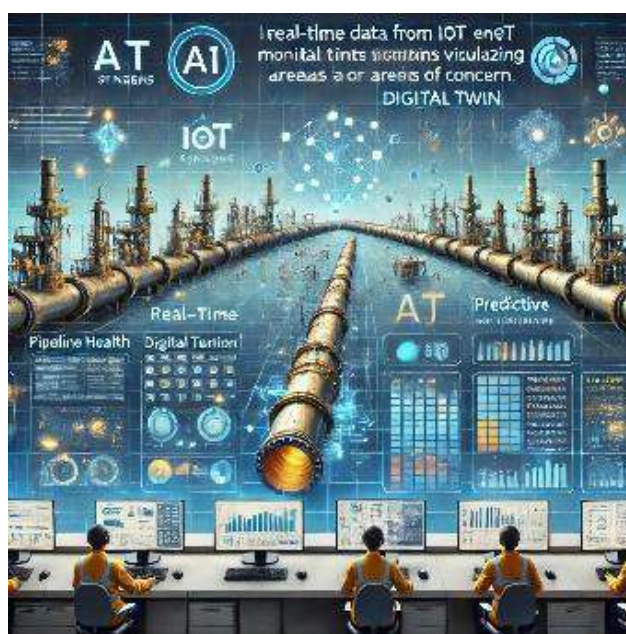
Осылайша, жүргізілген зерттеу нәтижелері қолданбалы мәнге ие және теміржол көлігі саласындағы мәселелермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық мамандар үшін қызығушылық тудырады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. «Жезқазған» станциясының техникалық-өкімдік актісі.
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Математикалық талдаудың есептік әдістері. – Мәскеу: Электрондық оқу басылымы, 2017. – 512 Мб.
3. «Жезқазған» станциясының технологиялық жұмыс үдерісі.

USE OF DRONES AND AI FOR MONITORING AND PREDICTIVE MAINTENANCE OF PIPELINE TRANSPORTATION

In today's conditions of digital transformation of the fuel and energy complex, the introduction of intelligent technologies into pipeline transportation maintenance processes is becoming increasingly important. One of the most effective solutions is the integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence (AI) for continuous monitoring and diagnostics of pipeline infrastructure condition.



Drones equipped with thermal imagers, high-resolution cameras and laser scanners (LiDAR) allow aerial photography and video monitoring of long and hard-to-reach pipeline sections. This ensures timely detection of visual and thermal anomalies, cracks, corrosion traces, deformations and other potentially dangerous defects.

The obtained data is analyzed using machine learning algorithms and neural networks, which allows: to detect deviations from the normative parameters; to perform automatic damage classification; to build heat and risk maps; to predict the development of defects based on accumulated statistics.

AI also provides autonomous navigation of drones along predefined routes, taking into account weather conditions, terrain and obstacles. This significantly reduces the influence of human factor and increases the safety and accuracy of surveys. Thus, the integration of drones and AI forms the basis for predictive maintenance, making it possible to move from a routine approach to an intelligently controlled system focused on preventing accidents and optimizing operating costs.

Optimization of Vehicle Maintenance Scheduling Using Particle Swarm Optimization (PSO). Efficient utilization of modern vehicles requires precise and cost-effective scheduling of maintenance activities. Excessive maintenance leads to increased expenses, while delayed repairs result in failures and unexpected breakdowns. These situations raise operational costs and reduce efficiency, particularly for enterprises managing large fleets.

To address this, mathematical optimization methods such as Particle Swarm Optimization (PSO) are used to determine the most appropriate maintenance schedules. PSO enables precise prediction of service intervals by considering the actual technical condition of vehicles, usage patterns, and real-time data from onboard sensors.

Vehicle Maintenance Cost Optimization Model Using PSO. The optimization model is defined by the following objective function:

$$\text{Minimize: } C_{\text{total}} = C_{\text{maintenance}} + C_{\text{downtime}} + C_{\text{failure}} \quad (1)$$

$C_{\text{maintenance}}$ — Scheduled Maintenance Costs: These costs include materials, labor, tools, and other resources used for performing scheduled maintenance. They are calculated based on the timing and frequency of the maintenance activities.

Example:

$$C_{\text{maintenance}} = \sum (c_{m,i} \times n_{m,i}), \quad (2)$$

where:

N — Number of maintenance types;

$c_{m,i}$ — Cost of a single instance of maintenance type i ;

$n_{m,i}$ — Number of occurrences of maintenance type i during the period;

C_{downtime} — Downtime Costs:

These are the costs incurred due to vehicle downtime during maintenance or repairs. They may include production losses, delivery delays, and idle labor.

Example:

$$C_{\text{downtime}} = c_d \times T_d, \quad (3)$$

where:

c_d — Average cost per unit of downtime;

T_d — Duration of vehicle downtime (in hours or days);

C_{failure} — Unexpected Failure Costs:

These costs arise from unplanned failures, including repair complexity, emergency part purchases, accidents, and severe production halts.

Example:

$$C_{\text{failure}} = \sum (p_j \times c_{f,j}), \quad (4)$$

where:

M — Number of possible failure types;

p_j — Probability of failure type j (based on prediction);

$c_{f,j}$ — Average cost of repair or impact of failure type j .

Literature:

1. Kopylov I.A., Romanov S.V. Intellectual systems of diagnostics in pipeline transport. - Moscow: Nedra, 2021.
2. Vasquez, A., & Kim, J. (2020). UAV-based Inspection of Oil Pipelines with AI-driven Anomaly Detection. Journal of Pipeline Engineering, 19(4), 215–228.

КОЛЬЦЕВЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Тезис посвящён оценке эффективности кольцевых пересечений в снижении аварийности и повышении безопасности дорожного движения. Приводятся данные международной практики (Великобритания, США, Австралия), анализируются преимущества кольцевых развязок: сокращение конфликтных точек, снижение скорости движения, упрощение навигации, повышение безопасности пешеходов. Также отмечены экологические и экономические плюсы, включая уменьшение выбросов и снижение эксплуатационных затрат.

Рост интенсивности транспортных потоков приводит к увеличению числа ДТП, особенно в городах с перегруженной дорожной сетью. В этой связи актуальными становятся решения, повышающие безопасность без существенных затрат на модернизацию инфраструктуры. Одним из таких решений являются кольцевые пересечения. Их внедрение способствует упрощению движения, уменьшению скорости и снижению аварийности, что подтверждается международными исследованиями.

Цель – оценка влияния кольцевых пересечений на безопасность дорожного движения.

Задачи:

- определить преимущества кольцевых пересечений;
- проанализировать статистику по аварийности;
- изучить зарубежный опыт внедрения;
- обосновать необходимость использования кольцевых развязок в развивающихся регионах.

Влияние кольцевых пересечений на безопасность

На обычных перекрёстках количество конфликтных точек достигает 32, тогда как на кольцевых – только 8. Это снижает риск столкновений. Кроме того, геометрия кольца вынуждает водителей снижать скорость, что уменьшает тяжесть последствий ДТП. Пешеходы также выигрывают за счёт разделительных островков и поэтапного перехода проезжей части. В Австралии переоборудование 73 перекрёстков привело к снижению числа ДТП на 74%, а в США – на 39% с уменьшением числа пострадавших на 76%. В Великобритании внедрение мини-колец снизило аварийность почти на 47%. Такие результаты делают кольцевые пересечения эффективным средством повышения безопасности.

Дополнительные преимущества

- Экономия: отсутствует необходимость в светофорах и их обслуживании.
- Экологичность: сокращается время простоя транспорта, уменьшаются

выбросы.

- Пропускная способность: отсутствует режим ожидания светофора, движение непрерывное.

- Упрощение манёвров: снижается вероятность аварий при поворотах.

Перспективы применения в Казахстане

Для Казахстана, особенно в условиях развивающейся транспортной инфраструктуры и высокой аварийности в крупных городах и агломерациях, кольцевые пересечения представляют собой не только средство повышения безопасности, но и инструмент устойчивого градостроительного планирования. Внедрение таких решений может быть особенно эффективным в условиях Карагандинской агломерации, где плотность транспортных потоков требует эффективной разгрузки узловых точек. Помимо прочего, строительство кольцевых пересечений способствует более рациональному использованию городской территории и может сопровождаться внедрением современных интеллектуальных транспортных систем (ITS), таких как динамическая навигация, управление потоками в реальном времени и видеоконтроль.

Интеграция кольцевых развязок с современными подходами к «умному городу» позволит не только снизить аварийность, но и создать

Выводы

Кольцевые пересечения эффективно снижают уровень аварийности, упрощают организацию движения, экономически выгодны и улучшают экологическую ситуацию. Их применение особенно целесообразно в регионах с высокой аварийностью и перегруженной инфраструктурой. Стратегическое развитие транспортной сети должно включать широкое внедрение таких решений.

Рекомендации

1. Реконструкция наиболее аварийных перекрёстков с заменой их на кольцевые.
2. Использование международного опыта проектирования и эксплуатации.
3. Образовательные кампании для водителей по правилам проезда кольца.

Список литературы

1. TRL. Roundabouts: Their Effect on Traffic Safety and Efficiency. Великобритания, 2000.
2. FHWA. Roundabouts: An Informational Guide. США, 2000.
3. Austroads. Guide to Road Design: Part 4B Roundabouts. Австралия, 2015.
4. Сидоренко А. В. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 2015.
5. Барановский В. Л. Безопасность дорожного движения: анализ и рекомендации. СПб: НИУ ИТМО, 2018.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Сортировочные станции являются ключевым элементом в логистической цепи железнодорожного транспорта. Одним из важнейших процессов на станции является расформирование составов с помощью сортировочной горки. Во время спуска вагонов с горки критически важно обеспечить точное управление скоростью движения, чтобы избежать столкновений, повреждений грузов и техники. При этом требуется оптимизация энергетических затрат. В этих целях на современных станциях внедряются энергосберегающие автоматические тормозные системы.

Основные функции автоматических тормозных систем:

- управление скоростью скатывания вагонов с сортировочной горки;
- остановка вагонов в заданных точках;
- предотвращение наездов и столкновений на сортировочных путях;
- снижение потребления электроэнергии;
- уменьшение износа тормозного оборудования и колёсных пар.

Типы автоматических тормозных систем:

а) *Гравитационные тормоза (старые системы)* - работают за счёт использования механических тормозных башмаков. Недостатки: низкая точность, высокая степень износа деталей, неэффективное использование энергии.

б) *Пневматические тормозные системы* - основаны на применении сжатого воздуха. Управление осуществляется с пульта оператора. Обладают большей надёжностью, но требуют постоянного контроля и технического обслуживания.

в) *Электродинамические тормозные системы (ЭДТ)* - это современные энергоэффективные решения. Работают на принципе преобразования кинетической энергии вагона в электрическую, которая затем рассеивается или возвращается в сеть.

Принцип работы электродинамических тормозных систем.

При спуске вагона с горки его движение контролируется электродинамическим тормозом. Он создаёт тормозной момент за счёт электромагнитного взаимодействия, тем самым замедляя движение. В процессе:

- тяговый электродвигатель переходит в генераторный режим;
- кинетическая энергия преобразуется в электрическую;
- часть энергии используется повторно (в энергоаккумуляторах или сети), часть – рассеивается через тормозные резисторы.

1. *Генераторный режим тягового электродвигателя*

Основой работы электродинамического тормоза является переход тягового электродвигателя в режим генератора. При движении транспортного средства по инерции (например, при спуске по уклону), колёса продолжают вращать вал электродвигателя. В этом режиме двигатель перестаёт потреблять электроэнергию и начинает вырабатывать её — то есть работает как генератор.

2. Преобразование кинетической энергии в электрическую

В процессе торможения кинетическая энергия движущегося вагона или состава преобразуется в электрическую энергию. Это происходит следующим образом:

- Ротор тягового электродвигателя вращается за счёт движения колёс.
- При этом в обмотках якоря возникает электродвижущая сила (ЭДС).
- Эта ЭДС вызывает ток в замкнутой электрической цепи, создавая тормозной электромагнитный момент, который действует против вращения ротора.

Таким образом, тормозной момент замедляет вращение колёс и, соответственно, скорость движения вагона.

3. Использование и рассеивание электрической энергии

Выработанная при торможении электрическая энергия используется двумя способами: *рекуперация* — возвращение энергии в сеть или накопление в аккумуляторах, что повышает энергоэффективность; *тепловое рассеивание* — отвод энергии через тормозные резисторы в виде тепла, если рекуперация невозможна.

Преимущества ЭДТ-систем:

- *Энергосбережение*: возврат части энергии в систему, что снижает общие эксплуатационные расходы.
- *Высокая точность*: точное управление скоростью и остановкой вагона.
- *Безопасность*: предотвращение наездов и отказов.
- *Экологичность*: снижение выбросов, связанных с выработкой энергии.
- *Низкий износ компонентов*: минимальное механическое воздействие на элементы подвижного состава.

Интеграция с АСУ станции и внедрение ЭДТ.

Электродинамические тормоза работают в составе автоматизированной системы управления сортировочной горкой. Все параметры контролируются в реальном времени: масса вагона, скорость, расстояние до впереди идущих вагонов, маршрут и конечная точка.

На основе этих данных система рассчитывает оптимальный тормозной режим и управляет тормозными устройствами автоматически, без вмешательства оператора.

Одним из ярких примеров успешного внедрения электродинамических тормозных систем является сортировочная станция

Бекасово-Сортировочное в России. На этой станции была реализована современная автоматизированная система управления движением вагонов, в состав которой входят электродинамические тормоза. Благодаря внедрению данной технологии удалось добиться значительного повышения энергоэффективности: потребление энергии при торможении вагонов снизилось на 30% по сравнению с традиционными методами. Электродинамическое торможение, в отличие от механического, позволяет более точно регулировать скорость движения и создавать плавный тормозной момент, что особенно важно при управлении большими составами на горках.

Перспективы дальнейшего развития электродинамических тормозных систем напрямую связаны с интеграцией современных цифровых и интеллектуальных технологий. Одним из направлений является внедрение систем машинного зрения и искусственного интеллекта для автоматического распознавания состава по параметрам вагонов, таким как масса, скорость, длина и тип. Эти данные позволяют в реальном времени адаптировать параметры торможения под конкретные условия, обеспечивая тем самым ещё более высокую точность и безопасность.

Активно внедряются технологии рекуперативного торможения, при которых энергия, вырабатываемая при торможении, возвращается в энергосистему, что особенно выгодно для крупных узлов, подключённых к сети. Это снижает энергозатраты и повышает эффективность. Также разрабатываются адаптивные алгоритмы торможения на основе предиктивной аналитики, учитывающие движение состава, погодные условия и загрузку путей, что позволяет повысить надёжность системы и уменьшить износ оборудования.

Вывод. Внедрение энергосберегающих автоматических тормозных систем на сортировочных станциях является важным шагом на пути повышения эффективности, безопасности и устойчивости железнодорожного транспорта. Особенно перспективными в этом направлении являются электродинамические тормозные системы, обладающие высокой точностью управления, способностью снижать износ оборудования и обеспечивать существенную экономию энергии за счёт рекуперации.

Список использованных источников

1. Иванов И.И. Автоматизация сортировочных станций. — М.: Транспорт, 2020. — 256 с.
2. Петров П.П., Сидоров А.А. Современные тормозные системы железнодорожного транспорта. — СПб.: ЖелДорИздат, 2021. — 180 с.
3. Knorr-Bremse AG. Hump Yard Brake Systems Technical Manual. — Munich, 2019.
4. Siemens Mobility. Hump Yard Control Solutions. — Official website, 2022. URL: <https://www.siemens.com>
5. Энергосберегающие технологии в транспортных системах / Под ред. В.В. Васильева. — М.: Наука, 2021.

Әликәрімова Ж.Н. (Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)
 Мауленова А.М. (Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

ҚАРАҒАНДЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ЖОЛАУШЫЛАР ТАСЫМАЛЫН ЖАҚСАРТУ МАҚСАТЫНДА «ОҢАЙ» ҚОСЫМШАСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Қоғамдық көлік – кез келген қаланың инфрақұрылымының ажырамас бөлігі. Оның тиімділігі мен сапасы қала тұрғындарының өмір сүру деңгейіне тікелей әсер етеді.

Қарағанды – Қазақстанның ең ірі қалаларының бірі, халық саны жылдан жылға артып келеді, ал қоғамдық көлік көптеген азаматтар үшін негізгі қатынас құралы болып қала береді. Сондықтан жолаушылар тасымалының тиімділігін арттыру, жолаушыларға қолайлы жағдай жасау және көлік жүйесін заманауи талаптарға сай жетілдіру – өзекті міндеттердің бірі. Қала тұрғындарының саны артқан сайын, қоғамдық көлік жүйелерін оңтайландыру қажеттілігі артады.

Қарағанды қаласында қоғамдық көлікте жол ақысын төлеудің негізгі жүйесі ретінде «Опау» электронды төлем жүйесі қолданылады. Бұл жүйе жолаушыларға қолма-қол ақшасыз төлем жасауға мүмкіндік беріп, көлік қозғалысын басқару мен жолаушылар ағынын талдауда маңызды рөл атқарады. «Опау» жүйесі алғашында 2016 жылы Алматы қаласында енгізіліп, кейін басқа аймақтарға, соның ішінде 2021 жылы Қарағандыға да таралды.

Оның басты мақсаты – қоғамдық көлік саласындағы төлемдерді автоматтандыру, көлеңкелі экономиканы азайту және жолаушыларға ыңғайлы төлем жүйесін ұсыну. Опау мобильді қосымшасы бастапқыда қоғамдық көлікте жол ақысын төлеуге арналған жүйе ретінде енгізілгенімен, қазіргі уақытта оның функционалы кеңейіп келеді.



Сурет 2.1 – «Оңай» көлік картасы

Қазіргі таңда Қарағанды қаласындағы қоғамдық көлік жүйесі бірқатар мәселелерге тап болып отыр, соның ішінде автобустардың толып кетуі және

жолаушылардың көлік қызметінің сапасына әсер ету мүмкіндігінің төмендігі ерекше назар аударуды қажет етеді. Бұл мәселелерді шешу үшін автобус жүктемесін нақты уақыт режимінде көрсету жүйесін енгізу және жолаушылардың пікір қалдыру жүйесін дамыту маңызды қадамдар болып табылады. Қарағанды қаласындағы автобустардың жолаушылар саны туралы нақты ақпарат беретін жүйесі жоқ, сондықтан жолаушылар автобустың қаншалықты толы екенін алдын ала біле алмайды. Бұл автобустарға артық жүктеме түсіреді, әсіресе таңертеңгі және кешкі қарбалас уақытта адамдардың тығыз көлікте жүруіне және аялдамаларда ұзақ күтуіне әкеледі.

Бұл жүйе арнайы сенсорлар мен алгоритмдерді пайдаланады, олар автобустың есігі арқылы кіретін және шығатын жолаушылардың санын есептейді. Бұл ақпарат мобильді қосымшада, аялдамалардағы электронды тақталарда және автобус ішінде көрсетілуі мүмкін. Бұл жүйеде түстер арқылы кодталған белгілер қолданылады:

- Жасыл – автобус бос, еркін орындар бар.
- Сары (көк) – автобус орташа толған, бірақ тұрып баруға мүмкіндік бар.
- Қызыл – автобус өте тығыз, кіру қиын.

Келесі ұсынылатын функция: жолаушылардың автобустарға берген бағасы мен пікірлерін жинау жүйесі. Жолаушы автобуста отырып, сол автобус жайлы өзінің ойын қалдыра алады. Тек пікір жазып қана қоймай, 5 баллдық шкаламен баға қояды.

Мысалы, егер жолаушы автобуста дәрекі жүргізушіге тап болса немесе автобус өте лас болса, ол бірнеше секунд ішінде шағым қалдырып, бұл мәселені тиісті органдардың қарауына жібере алады. Жүйе шағымдарды автоматты түрде талдап, белгілі бір жүргізушіге немесе компанияға қатысты тенденцияларды анықтайды.

Жолаушылардың шағымдары мен ұсыныстарын уақытында қарастырып, жауап беріп отыру үшін автопаркте арнайы «Пиар немесе Кері байланыс» бөлімі ашылуы тиіс.

Қолданба қолданушылары қойған баға арқылы статистика жүргізіп, қызмет көрсету сапасын, автобустардың қолданысқа жарамдылығын бақылап отыру мүмкіндігі пайда болады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. В.В. Донченко «Устойчивые городские транспортные системы: изменение парадигмы планирования и развития городского транспорта», 2017 – 256 б.
2. В.В. Федосенко, В.П. Митронин, Т.Г. Финогенова «Жолаушылар тасымалы және жүк тасымалы», 2019
3. «Методические рекомендации по организации автобусны

ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ ЖҰМЫС ҚАБІЛЕТТІЛІГІН БОЛЖАУ НЕГІЗІНДЕ ОЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Көлік саласының қызметтері шикізат пен ресурстарды өндіру мен өндеуден бастап дайын өнімді оның соңғы тұтынушысына, оның ішінде сыртқы нарықтарға жеткізгенге дейін өнімді өндіру мен тұтынудың әрбір дерлік кезеңінде қажет [1].

Еліміздің экономикасында, жалпы қазіргі заман талаптарына сай көліктің маңызы, оның қызмет көрсету сапасы, жылдамдығы ерекше мәнге ие. Теміржол көлігінің маңыздылығын, қажеттілігін өндіріс, ауылшаруашылық, жабдықтау және сауда кәсіпорындарының дамуы мен қалыпты жұмыс істеуіне, яғни жолаушы және жүк тасымалына тікелей байланысынан байқауға болады [2].

Жылжымалы құрамның үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету және жарамдылығын сақтау үшін, сондай-ақ теміржол көлігінде қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін оның техникалық жағдайын бақылаумен, техникалық қызмет көрсетумен және әртүрлі көлемдегі жөндеу жұмыстарын жүргізумен айналысатын мамандандырылған кәсіпорындар желісі бар.

Барлық теміржол көлігінің тиімділігі жылжымалы құрамның тасымалдауға дайындығына ғана емес, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесінің жұмысының құрылымдардың өмірлік циклінің құнына әсеріне байланысты. Бұл, сайып келгенде, тасымалдау құнын және бүкіл теміржол көлігінің жалпы тиімділігін анықтайды.

Жоғарыда атап өткендей, жылжымалы құрамға уақытылы техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жүйелерін жүзеге асыру мақсатында, оның қажет болған кезеңін анықтау, алдын-ала болжау жол қозғалысының қауіпсіздігі мен технико-экономикалық тұрғысынан тиімді болады.

Мамандандырылған кәсіпорындарда (вагондарды жөндеу деполарында) мезгілімен орындалатын техникалық құралдардың көмегімен бөлшектерді терең диагностикалау вагондардың істен шығуы мен зақымдануының ықтималдығын анықтауға мүмкіндік бергенімен, бұл қауіпсіздіктің қажетті деңгейін қамтамасыз ету және терең диагностикалық тексерулер арасындағы кезеңде ықтимал істен шығу қаупін азайту үшін белгілі бір уақыт аралығында жұмыс істеген вагон бөлігі үшін қалған қызмет мерзімін қалай орнатуға болатынды бойынша сұрақ туандатады.

Теміржол жылжымалы құрамының жұмысын болжаудың бірнеше әдістері бар:

1. Статистикалық талдау әдістері: жұмыс уақыты, істен шығу және жөндеу жиілігі сияқты жылжымалы құрамның жұмысы туралы тарихи деректерді талдауды қамтиды. Осы мәліметтер негізінде статистикалық модельдер құрылады, бұл болашақта сәтсіздік немесе күйдің деградация ықтималдығын болжауға мүмкіндік береді.

2. Машиналық оқыту және жасанды интеллект әдістері: бұл әдістер деректердің үлкен көлемін талдау және жылжымалы құрамның жұмысындағы күрделі заңдылықтарды анықтау үшін қолданылады. Машиналық оқыту модельдері жұмыс жағдайлары, техникалық күй және т. б. сияқты әртүрлі параметрлерге негізделген өнімділікті болжай алады.

3. Аналитикалық болжау әдістері: сәтсіздік ықтималдығын немесе болашақ жағдайдың деградациясын болжау үшін аналитикалық модельдер мен сенімділікті бағалау әдістерін қолдануды қамтиды. Бұл әдістер жұмыс қарқындылығы, жұмыс жағдайлары және жылжымалы құрамның нақты түйіндері мен компоненттерінің сипаттамалары сияқты факторларды ескереді.

4. Диагностикалық және жағдайды бақылау әдістері: диагностиканың әртүрлі әдістерін қолдануды қамтиды, мысалы, визуалды тексеру, техникалық өлшеулер, беріктік сынақтары және т.б. бұл әдістер жылжымалы құрамның жұмысындағы бар немесе ықтимал проблемаларды анықтауға және олардың өнімділікке әсерін болжауға мүмкіндік береді.

Техникалық қызмет көрсету мерзімді тексерулер мен жөндеулерді, тозған бөлшектерді ауыстыруды, электр жабдықтарының, тежегіш жүйесінің, доңғалақ жұптарының және жылжымалы құрамның басқа элементтерінің жағдайын бақылауды қамтиды. Сондай-ақ қауіпсіздік талаптары мен техникалық нормаларға сәйкестігіне сынақтар мен тексерулер жүргізіледі [3].

Уақтылы техникалық қызмет көрсету ықтимал проблемаларды ерте анықтауға және жоюға мүмкіндік береді, бұл болашақта қымбатырақ жөндеуге уақыт пен ақшаны үнемдеуге мүмкіндік береді. Жалпы, жылжымалы көлікке уақтылы техникалық қызмет көрсету, уақтылы техникалық қызмет көрсету мерзімін, яғни тозған бөлшектерінің істен шығу ықтималдығын алдын-ала анықтау, болжау, соның нәтижесінде жылжымалы құрамның төзімділігін, қызмет ету мерзімін ұзарту, жол қозғалысының қауіпсіздігін арттыру көлік жүйесінің тиімді жұмысын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Қазақстан Республикасының инфрақұрылымын дамытудың 202-2025 жылдарға арналған «Нұрлы Жол» мемлекеттік бағдарламасы, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі, Нұр-Сұлтан қаласы, 2019 жыл.

2. Бөкетов оқулары – 2022: акад. Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің 50 жылдығына арналған магистранттар мен студенттердің Аймақ. ғыл.-тәжір. конф. материалдары (16-18 наурыз 2022 ж.). – Қарағанды: «Акад. Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды ун-ті» КЕАҚ баспасы, 2022. – Б.3-10.

3. Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрінің 2015 жылғы 30 сәуірдегі № 544 бұйрығымен бекітілген «Темір жол көлігін техникалық пайдалану қағидалары»

АКАДЕМИЯЛЫҚ ЖАЗУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ИНЖЕНЕРЛІК САЛАДА ЗЕРТТЕУ БАРЫСЫНДА ЕҢСЕРУ ЖОЛДАРЫ

Жұмыстың мақсаты. Осы мақаланың негізгі мақсаты – инженерлік салада, атап айтқанда Қазақстанның урбанизацияланған аймақтарына арналған механикаландырылған автотұрақ жүйелерін жобалау мен зерттеу үдерісінде туындайтын академиялық жазу мәселелерін кешенді түрде талдау және оларды еңсерудің тиімді жолдарын ұсыну болып табылады. Зерттеу барысында автор академиялық жазудың лексикалық, стильдік, құрылымдық және этикалық аспектілерін зерделей отырып, техникалық диссертациялардың сапасын арттыруға бағытталған әдістемелік тәсілдер мен практикалық ұсыныстарды қарастырады.

Академиялық жазудың мәні мен ерекшеліктері. Академиялық жазу – бұл жүйелі, құрылымдық, дәлелдерге сүйенген жазбаша ойлау формасы. Ол белгілі бір ғылыми тақырып аясында ақпаратты логикалық негізде беруді, теориялық және практикалық негіздемені, ғылыми жаңалықты немесе өзектілікті дәлелдеуді талап етеді. Инженерлік салада бұл тіпті маңыздырақ, себебі жобалау, модельдеу, есептеу секілді әрекеттердің нәтижелері нақты әрі түсінікті түрде баяндалуы тиіс.

Академиялық жазуда кездесетін басты проблемалар:

1. *Тілдік және терминологиялық қиындықтар.* Инженерлік терминдерді қазақ тіліне аудару – көпшілік жас зерттеуші үшін күрделі мәселе. "Vertical rotary parking", "pallet-based system", "semi-automatic stacker" сынды ұғымдарды дәл аудару тек лексикалық емес, сонымен қатар мағыналық сәйкестік тұрғысынан маңызды. Терминдерді механикалық түрде аудару ғылыми стильге сай келмейді. Бұл мәселені шешу үшін ғылыми техникалық аударма мәдениетін дамыту, салалық терминологиялық сөздіктерді жетілдіру қажет (Hyland, 2019).

2. *Ғылыми стильді меңгерудегі қиындықтар.* Академиялық жазу – бейтарап, нақты, логикалық байланысты, дәлелдерге негізделген мәтін. Инженерлік салада бұл стильді ұстану кейде қиын, себебі көптеген студенттер мен жас зерттеушілер есеп-қисапқа және кесте-суреттерге ғана сүйеніп, мәтіндік түсіндіруді назардан тыс қалдырады. Мысалы, автотұрақ жүйелерін жобалау кезінде қолданылатын CAD модельдер, құрылымдық диаграммалар мен сенсорлық басқару сызбалары, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, басқа жүйелермен салыстыруы мәтін түрінде нақты сипатталуы тиіс.

3. *Дереккөздермен жұмыс істеу және плагиат.* Ғылыми жұмыстың сенімділігі мен академиялық құндылығы дереккөздермен дұрыс жұмыс істеуге тікелей байланысты. Техникалық диссертацияларда қолданылатын

нормативтер (ҚНЖЕ, СНиП), стандарттар (ISO, ГОСТ), патенттер, халықаралық техникалық есептер мен зерттеулер міндетті түрде сілтемемен рәсімделуі керек.

4. Зерттеу құрылымын ұйымдастыру қиындықтары. Академиялық диссертация немесе мақала нақты құрылыммен жазылуы тиіс: кіріспе, әдеби шолу, әдістеме, нәтижелер, талдау және қорытынды. Алайда кейбір зерттеушілер зерттеудің әдістемесін толық сипаттамай, нәтижелер мен тұжырымдарды дәлелсіз ұсынады.

Инженерлік салада академиялық жазуды дамыту жолдары.

Инженерлік бағыттағы мамандарға арналған академиялық жазу дағдыларын дамыту – ғылым мен техниканың дамуына тікелей ықпал ететін маңызды процесс. Академиялық жазу тек ғылыми идеяны жеткізудің құралы ғана емес, ол зерттеушінің логикалық ойлау қабілетін, дереккөздермен жұмыс істей алуын, ғылыми этика мен дәлелді талдау мәдениетін қалыптастырады.

1. Инженерлік пәндерге бейімделген академиялық жазу курстары

Жоғары оқу орындары техникалық факультеттерде жалпы академиялық жазу курстарын инженерлік мазмұнға бейімдеп қайта құрылымдауы тиіс. Мұндай курстарда:

- инженерлік терминологияны дұрыс қолдану;
- техникалық сипаттамаларды жазу стилі;
- модельдеу нәтижелерін сипаттау әдістері;
- техникалық есептеулердің мәтіндік интерпретациясы;
- кестелер мен сызбаларды түсіндірудің ғылыми тілі үйретілуі қажет.

2. Ғылыми стильді меңгеру бойынша семинарлар мен тренингтер

Инженерлік саланың ерекшелігі – техникалық құралдар мен құрылғылар арқылы ақпарат жеткізуге үйренген студенттердің мәтіндік сипаттауда қиналуы. Бұл проблеманы шешу үшін келесі бағыттағы семинарлар пайдалы болады:

«**Ғылыми дәлел мен құрылым логикасы**» – гипотеза мен тұжырым арасындағы байланыс;

«**Инженерлік мәтіндердегі нақты тіл мен бейтарап баяндау**» – артық сөз қолданудан аулақ болу;

«**Техникалық сызбаларды мәтінмен сипаттау әдістері**» – диаграмма, график, суретке мәтіндік түсініктеме беру мәдениеті.

Мұндай семинарларда нақты мысалдармен жұмыс істеу, үлгілерді салыстыру, ғылыми стильдің талаптарын интерактивті форматта түсіндіру – нәтижелі оқытудың кепілі болмақ.

3. Академиялық адалдық пен плагиаттың алдын алу құралдарын енгізу

Инженерлік мәтіндерде плагиат көбіне техникалық сипаттамаларды немесе стандарттарды өзгеріссіз көшіру арқылы байқалады. Бұны болдырмау үшін:

PlagScan, Turnitin секілді жүйелерді инженерлік жобаларға бейімдеу;

техникалық сипаттамаларды парафраздау мен сілтемелеуді үйрету;

стандарттар мен нормаларға сілтеме жасаудың ережелерін бекіту қажет.

4. Инженерлік мәтіндерге арналған терминологиялық және стильдік сөздіктер. Техникалық салалар үшін көп тілді ғылыми-терминологиялық сөздіктер мен стильдік нұсқаулықтар қажет. Мысалы:

«Қазақша–ағылшынша–орысша инженерлік терминдер сөздігі»;

«Техникалық диссертацияларға арналған академиялық стиль нұсқаулығы»;

«Ғылыми мәтіндерге арналған типтік тіркестер жинағы» (мысалы: “Жобалау барысында анықталды...”, “Модельдеу нәтижесінде көрсетілді...”).

Қорытынды. Академиялық жазу – бұл тек мәтін құрастыру емес, ғылыми ойды дәл, логикалық, этикалық және стильдік талаптарға сай жеткізе білу өнері. Қазақстандағы инженерлік салада бұл дағдыны дамыту – ғылым сапасын арттырудың маңызды шарты.

Инженерлік салада академиялық жазуды дамыту — техникалық ғылымдардың сапасын арттырудың негізгі тетігі. Бұл бағытта жүйелі оқу бағдарламаларын енгізу, әдістемелік және үлгілік құралдарды ұсыну, академиялық мәдениетті насихаттау және практикалық қолдауды күшейту қажет. Жоғары оқу орындары бұл процесті стратегиялық деңгейде қарастырып, инженерлік бағытта жазатын жас зерттеушілердің сапалы ғылыми мәтін жазуына барлық жағдай жасауы тиіс.

Қолданылған әдебиеттер / References

Әбдікәрімов, Ғ. (2018). *Академиялық жазу негіздері*. Алматы: Ұлағат.

Hyland, K. (2019). *Teaching and Researching Writing* (3rd ed.). London: Routledge.

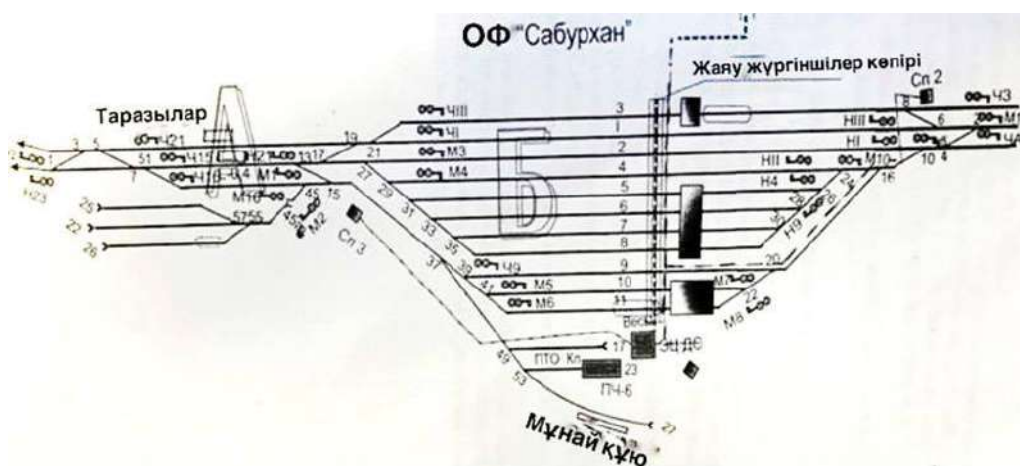
Литвиненко, Т. В. (2021). Академическое письмо: методика преподавания. *Высшее образование в России*, №2, 118–124-66.

Құсайынов, А. (2020). Академиялық адалдық: ұғымы және маңызы. *Білім және ғылым журналы*, №4, 45–50-66.

Shoup, D. (2011). *The High Cost of Free Parking*. Chicago: APA Planners Press.

САБУРХАН СТАНЦИЯСЫНЫҢ ВАГОНОАЙНАЛЫМЫН БОЛЖАУ

«Сабурхан» станциясы қызметінің сипаты бойынша жүк станциясы болып табылады және II сыныпқа жатады [1]. Станцияның жол дамуы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – «Сабурхан» станциясының жол дамуы

Осы зерттеуде «Сабурхан» теміржол станциясының жұмысына талдау жүргізу барысында станцияның негізгі көрсеткіші – вагоноайналым бойынша болжау есептелді (сурет 1).

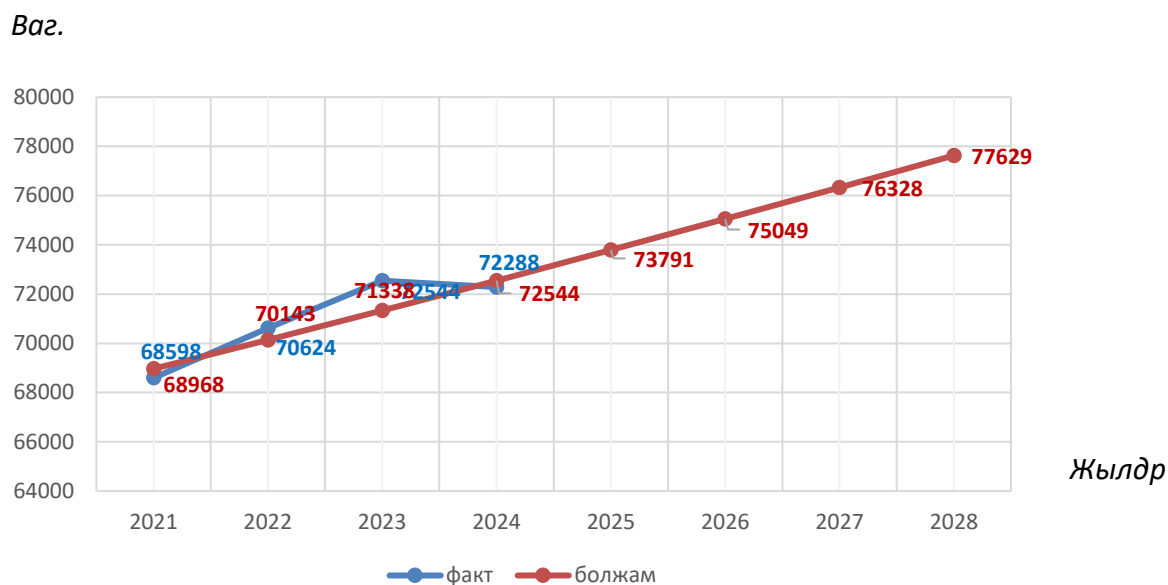


Сурет 2 – «Сабурхан» станциясының вагоноайналымын нақты мәндері

Вагон айналымына болжам жасау есебі жалпыға белгілі үлгілік әдістеме [2] және бастапқы деректер [3] бойынша орындалды. Нәтижесінде, «Сабурхан» станциясының негізгі көрсеткіші – вагоноайналымды болжауға арналған есептік функция алынды

$$U_{\text{ваг.}} = 68968 \cdot e^{0,0169 \cdot (T-2021)}.$$

Вагоноайналымның болжамдық функция мәндерінің графигі 2 суретте келтірілген.



Сурет 3 – «Сабурхан» станциясының вагоноайналымын болжау

Осылайша, жүргізілген зерттеу нәтижелері қолданбалы мәнге ие және теміржол көлігі саласындағы мәселелермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық мамандар үшін қызығушылық тудырады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. «Сабурхан» станциясының техникалық-өкімдік актісі.
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Математикалық талдаудың есептік әдістері. – Мәскеу: Электрондық оқу басылымы, 2017. – 512 Мб.
3. «Сабурхан» станциясының технологиялық жұмыс үдерісі.

ТАУ-КЕН КӘСІПОРЫНДАРЫ ҮШІН РЕЗИНАЛЫ ТРОСТТЫ КОНВЕЙЕРЛІК ТАСПАНЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЖҰМЫСЫН ЗЕРТТЕУ

Таспалы конвейерлер өнеркәсіптің барлық, бірінші кезекте кен өндіру салаларында қолданыс тапқан ағымдық көліктің анағұрлым кең таралған түрі болып табылады. Алайда жарылыс жұмыстарынан кейін рудада ірі қатты жемірілген кесектердің көп пайызының болуы жер асты руда кәсіпорындарында таспалы конвейерлердің кең қолданысын шектеді, бірақ қуатты жер асты ұсатқыш қондырғылардың пайда болуы учаскелік және магистральдық қазбаларда майда ұсақталған руданы (0...300 мм) тасымалдау үшін таспалы конвейерлерді табыспен пайдалануды бастауға мүмкіндік берді. Таспалы конвейерлерді пайдалану тәжірибесі көрсеткендей анағұрлым жүктелген торап резеңке-тросы таспа болып табылады. Конвейерлік таспалардың қаңқалары ұзындығы бойынша бойлық жіпшелерден – табандарынан немесе таспаның барлық ұзындығы бойымен араларында бірдей қадаммен параллель орналасқан болат тростан тұрады және жүктелген таспаның қозғалысына кедергіден болатын барлық қосынды жүктемені қабылдайды және оның айтарлықтай бөлігі (0,25-0,7) жүктің таспамен қысылуынан және босауынан конвейердің барлық ұзындығы бойымен аунақша аралық кеңістіктерде туындайды. Осыған орай, егер болат тростар таспада бір қабатты орналасатын болса, онда резеңке-мата таспалардың бойлық жіптері көп қабатты болып, жеке мата төсемелері түрінде орналасады, бірақ олардың бәрі өзара резеңке толтырғышпен бекітілген, бұл таспаларға белгілі бір қаттылық пен беріктік береді. Жүктің ұсақ фракцияларының төгілуін болдырмас үшін қауіпсіздік ережелерінде таспаның екі бүйір жағынан бос жиектер қарастырылады, ал жүк таспаның көлденең қимасының ортаншы бөлігіне шоғырланады, яғни оның бойлық күш элементтері ең үлкен деформацияға түседі [1].

Конвейерлік таспалардың көлденең қималарында максимум деформацияны теңестіруде әзірленген тәсіл келесі сатылардан тұрады:

1. Таспалы конвейердің жұмысы кезінде бүйірлік аунақшалардың 38° көлбеу бұрышы кезінде науалы таспада жүк қимасы (қозғалыстағы материалдың қиябет бұрышына ρ тең болады) дұрыс эллипс пішінінде қалыптасады, ол таспада жүк массасының параметрлерін есептеуді оңтайландыру және жеңілдету үшін ауданы бойынша төрт тең секторға бөлу керек.

2. Әрбір сектордың аудандарын кванттық-экстремалды тарату заңдылығы бойынша алты өзіндік учаскеге - x осі бойынша $\Delta=1/6$, ал y осі бойынша – кездейсоқ шама мәнінің пайда болу ықтималдықтары кванттарының шамасы бойынша бөледі.

Д.И. Журавскийдің теоремасын пайдалану арқылы орындалады. Есептеулер, жүктеменің негізгі бөлігі 75 % астамы ортаншы аунақша үстіндегі таспаға келетінін көрсетеді.

4. Жүктен таспаға әсер ететін жүктемені анықтау нәтижелері бойынша таспада күш элементтерінің (мата төсемелерінің немесе тростардың) саны анықталады. Таспаның жүктеулі учаскелерінде бүйірлік аунақшалар үстінде күш элементтерінің саны – $1/3$ сәйкес келуі тиіс, ал таспаның жүктелмеген учаскелерінде – $1/6$.

Мысалы: 1) ені 1200 мм резеңке-трос таспа жағдайында тростарды 15 мм орналастыру адымымен тростарды орналастырады; жүктелген таспада ортаншы аунақша үстінде тростар саны $28 (420/15=28)$ құрайды, ал одан әрі таспаның жүктелген учаскелерінде бүйірлік аунақшалар үстінде тростар санының $7 (324/15=21,6; 21,6/3=7,2\approx 7)$ тростан және таспаның жүктелмеген учаскелерінің ернеулерінде $1 (66/15=4,4; 4,4/6=0,73\approx 1)$ тростан дискреттік өзгеруі жүргізіледі; 2) егер беріктік жағдайы бойынша алты төсемелі резеңке-мата таспа өтетін болса, онда таспада ортаншы аунақша үстінде ені b_1 6 төсеме болуы, таспаның жүктелген учаскелерінде бүйірлік аунақшалар үстінде ені b_2 2 ($6/3=2$) төсемеден және таспаның жүктелмеген учаскелерінің ернеулерінде ені b_3 1 ($6/6=1$) төсемеден болуы керек [2].

Әзірленген тәсіл конвейерлік таспалардың көлденең қималарында максимум деформацияны тиімді теңестіруге мүмкіндік береді. Ені 1200 мм таспалар мысалында тексерілген есептер, әзірленген тәсілді пайдаланған кезде резеңке-трос таспаларда тростар саны 80 бастап 44 дейін азаятынын көрсетті, алты төсеме резеңке мата түрлерінде бүйірлік аунақшалар үстінде төсемелер саны үшке дейін, яғни екі есе төмендейді. Осыған орай, конвейерлік таспалардың массасы мен құны төмендейді, таспалы конвейердің энергия сыйымдылығы орташа есеппен 1,5 есе төмендейді. Таспалардың деформациясы әсерінен жүктің қимылы жойылады, қозғалысқа кедергі 1,4 – 1,7 есе төмендейді, соның нәтижесінде конвейер трассасы бойынша шаң бөліну орта есеппен 1,25 есе төмендейді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Акашев З.Т., Малыбаев С.К., Акашев А.З. Поиск и реализация наукоемких производств в промышленности и транспорте: монография. – Караганды: Изд-во КарГТУ, 2006. – 197 с.
2. Акашев З.Т., Акашев А.З., Балабаев О.Т., Косбармаков С.Ж. Способ выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент. Инновационный патент на изобретение №30895. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 18.01.2016 г.

АВТОМОБИЛЬ КӨЛІГІМЕН ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУДА КӨЛІКТІК ЕСЕПТІ ЕҢ ТӨМЕНГІ ҚҰН ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ЕСЕПТЕУ

Автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдау есептерін шығаруда көптеген әдістер бар. Соның бір әдісі ретінде автомобиль көлігіндегі есепті ең төменгі құн немесе ең жоғарғы құн әдістерімен шығарғандағы есептер болып саналады. Бұл есептер жүктерді автомобильмен тасымалдауда сұранысы мен ұсынысы белгілі болған нүктелер арасында жүктерді тасымалдау жоспарын оңтайлы ұйымдастыруға арналған математикалық модель болып табылады [1]. Автомобиль көлігінде тасымалдарды мұндай есептеулерді қолдану арқылы есептеу мақсаты – автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдауда пайдалану шығындарды азайту.

Кесте 1 - Көліктік есепте бастапқы беріліс мысалы

Жүк-терді жөнелту пункттері	Жүктерді жеткізу пунктері					Қорлар
	B1	B2	***	B9	B10	
A1	23	52	***	38	14	319
	321	871		380	444	5369
A2	3	31	***	32	22	282
	150	509		666	320	5095
*	42	18	***	6	37	321
	722	180		260	400	5351
A6	7	51	***	19	41	362
	191	863		349	893	6751
Қажеттіліктер	137	209	***	189	159	1903
	2453	4244		3276	2722	34191

Автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдауда ең төменгі құн әдісі (Least Cost Method) – автомобиль тасымалында көліктік есепті шешудің

жуықтау әдістерінің бірі, ол бастапқы берілісте негізгі рұқсат етілген шешімді табуға қолданылады.

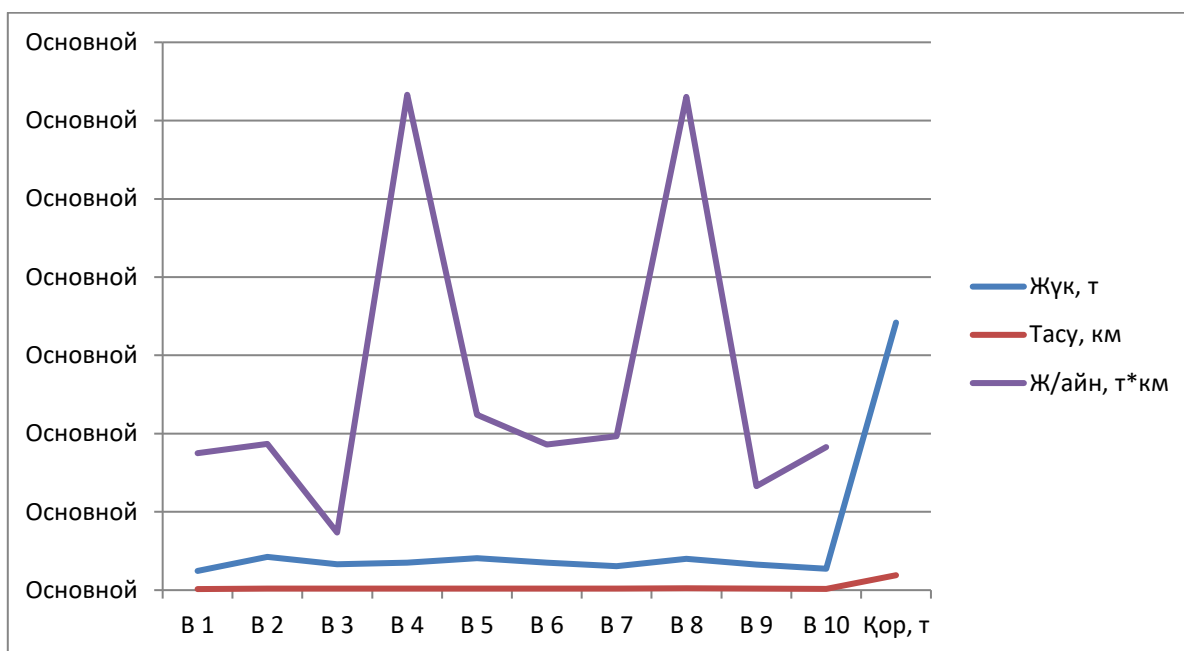
Автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдауда ең жоғарғы құн әдісі (Maximum Cost Method) – бұл да автомобиль көлігімен есептерді шешуде бастапқы рұқсат етілген автомобиль тасымалында көліктік есептегі шешімді табуға арналған жуықтау әдістерінің бірі және мұндай әдістер салыстырмалы түрде тиімді болып табылады немесе соңында жүк айналымдарын есептеу арқылы шешімін тапқанда тиімсіз болуы да мүмкін [1,2]. Мұндай әдістер ең төменгі құн әдісі бойынша есептеуге керісінше жұмыс істейді, атап көрсетер болсақ, ең қымбат тасымалдау құнымен (арақашықтықпен) басталып, мүмкін болатын мөлшерді тағайындай отырып автомобиль көлігінде тасымалдауларды оңтайландыруға жақсы ықпалын береді.

Кесте 2 - Ең төменгі құн әдісі бойынша тасымалдарды бөлу мысалы

Жүкті жөнелту пунктері	B1	B2	B3	B4	***	B10
	2453	3492	3074	4018		2722
A1		10				
5369		1869				
A2	3	39				22
5095	2453	1623				1019
*						
*						
*						
A6			62	57		
6751			1049	1614		

Автомобиль көлігімен тасымалдауда ең төменгі құн әдісінің қадамдарын қарастыратын болсақ [1,3,4]: 1. Тасымалдаулар бойынша кестені құру. Мұнда A1,A2,...,A6 жүк жіберушілер (қоймалар) және B1,B2,..., B10 жүк қабылдаушылар (тұтынушылар) болып көліктік есеп кестесі жасалады. Мұнда әр ұяшықтағы сандық мәндер тасымалдайтын жүктердің көлемі және осы ұяшықтар ішіндегі кіші ұяшықтағы мәндер берілген көлемдегі жүктерді тасымалдау құны (арақашықтығы). 2. Берілген кесте ішінде ең төменгі құнды таңдау қажет, яғни кестедегі ең төменгі тасымалдау құнын (ұяшықты) табамыз. Одан кейін сол ұяшыққа сәйкесінше мүмкін болатын максималды мөлшерде тасымалдайтын көлемдегі жүктерді орналастырамыз (қоймадағы қор және сұранысына қарай тасымалдар). 3. Көліктік есепте келесі ұяшықтарды толтырғанда әрдайым қорлар мен сұраныстарды жаңартып отыру қажет. Ең төменгі құн бойынша таңдалған ұяшықтағы қорды (жолды) немесе сұранысты (бағанды) тасымалға бөлінген жүктерді бөлу арқылы нөлге айналдырамыз. Жүктерді бөлу үрдісінде жол

толықтай жұмсалса, онда оны жауып тастаймыз. Осы әдісті қолдана отырып толтырғанда баған бойынша толықтай орындалса, онда оны да жауып тастаймыз. 4. Автомобиль көлігінде көліктік есепті толықтай орындау үшін осындай қадамдарды сұраныстар аяқталып, қордағы мәндер таусылғанша қайталай береміз. Мұндай көліктік есептің бір ерекшелігі: барлық ұсыныстар мен сұраныстар таусылғанша екінші және үшінші қадамдарды қайталай беруден тұрады.



Сурет 1 - Ең төменгі құн әдісі бойынша табылған жүк, құн (арақашықтық) және жүк айналым көрсеткіштері

Автомобиль көлігі бойынша осындай көліктік есепті ең жоғары құн әдісі бойынша да осы әдіс арқылы анықтауға болады және салыстырмалы түрде автомобиль көлігімен жүк тасымалдауларды ең төменгі құн әдісімен салыстырып, жүк айналымды анықтаймыз, сонда оңтайлы тасымал түрі анықталады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. <https://math.semestr.ru/transp/index.php>
2. Балгабеков Т.К., Мажитова С.К., Кошмаганбетова А.С. Логистика мәні, қызметі, логистикалық жеткізуді оңтайландыру жолдары. Материалы Международной научно-практической конференции "Наука и современное общество: новые интересы, векторы движения, приоритеты развития", Қарағанды КЭУ, 2018. С. 353-355.
3. Балгабеков Т.К., Қоңқыбаева А.Н., Мукашева А.Р. Көліктік логистикада қауіпті жүктерді тасымалдауда қойылатын талаптар. Торайғыров университет, Павлодар, 2022. Материалы XII Международной научной конференции "Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент", С. 533-540.
4. Балгабеков Т.К., Есентаев С.Д. Біріктірілген басқару жүйесімен автокөлік құралдарының техникалық күтімі мен жөндеу үрдістерін жетілдіру. Вестник ТарГУ имени М.Х. Дулати "Природопользование и проблемы антропосферы". Международный научный журнал, №3, 2019, С. 65-69.

АНАЛИЗ МИРОВЫХ РЕЙТИНГОВЫХ АГЕНТСТВ

В условиях насыщенного финансового мира, полного разнообразных ценных бумаг, рейтинговые агентства приобрели особую значимость. Они выполняют функции финансовых флюгеров, присваивая ценным бумагам кредитные рейтинги, отражающие способность эмитента выполнять свои финансовые обязательства.

Рейтинги формируются на основании текущей финансовой информации, предоставленной эмитентами или полученной из надежных источников. Однако агентства не гарантируют точность этой информации и могут использовать непроверенные данные. Кроме того, рейтинги могут быть изменены, приостановлены или отозваны в результате изменений в обстоятельствах или недействительности информации.

Международные рейтинговые агентства охватывают почти все корпоративные долговые ценные бумаги, выпускаемые на международные рынки. Без их согласия ни одна ценная бумага, например облигация, не может входить в инвестиционный класс.

Значимость рейтинговых агентств заключается в их способности эффективно передавать информацию между эмитентами и инвесторами. Инвесторы нуждаются в надежных данных о компаниях, которым они готовы доверить свои средства. Оценка агентства может быть определяющей не только для судьбы отдельной компании, но и для экономики целой страны.

Кредитные рейтинговые агентства, в основном американские, присваивают кредиты надежности. Их роль в мировой экономике остается значительной, однако последние годы принесли им много критики. Ошибочные решения и субъективный подход к выставлению рейтингов стали основными поводами для недовольства.

Основная критика началась в период мирового кризиса, когда были выявлены серьезные просчеты. Кризис показал три основные проблемы. Первое: инвесторы слишком сильно полагались на оценки агентств, которые сами недооценивали риски. Представители Moody's, Standard & Poor's и Fitch акцентировали, что они оценивали только риск дефолта, игнорируя ликвидность и рыночные риски.

Вторая проблема заключалась в том, что агентства часто бездумно присваивали рейтинги финансовым инструментам. Доходы от таких оценок превысили 70% накануне кризиса. Это стало опасным, поскольку высокие рейтинги могли быть получены благодаря манипуляциям с активами.

Третья проблема – конфликт интересов. Компании не могли объективно оценивать рейтинги эмитентов, которым они предоставляли

услуги. В результате инвесторы, надеясь на эти рейтинги, потеряли более 60% своих вложений.

Кроме того, в других странах, не входящих в ЕС, активно обсуждается создание собственных независимых рейтинговых агентств. В России, например, агентство «Рус-рейтинг» совместно с китайским Dagong и американским Egan-Jones создало «Universal Credit Rating Group», которая будет конкурировать с крупными агентствами Moody's, Fitch и Standard & Poor's. Эта новая организация провозгласила свою полную независимость.

Действия, направленные на реформу рейтинговых агентств, обусловлены серьезным увеличением кредитных и рыночных рисков. Столкновение с жесткой монополией на рынке рейтингов и политическими обстоятельствами также оказало влияние на оценку суверенных рейтингов и компаний.

В ответ на эту ситуацию предложено создание новых независимых рейтинговых агентств. Кроме того, акцентировано внимание на необходимости создания единой законодательной базы, которая будет регулировать деятельность этих агентств и устанавливать ответственность за принимаемые ими решения. Это преобразование подтолкнет агентства к более тщательной оценке и корректности своих рейтингов, а не к игнорированию интересов инвесторов.

Таким образом, можно сделать вывод о высоком значении рейтинговых агентств в текущей ситуации. Несмотря на их недостатки, альтернативы им нет, и инвесторы продолжают опираться на сомнительную рейтинговую информацию.

Реальная мера, способная улучшить ситуацию — это создание новых независимых агентств и формирование жесткой законодательной базы, регулирующей их работу. Мнения экспертов показывают, что эти изменения могут положительно сказаться на репутации рейтинговых агентств, однако, как именно они отобразятся на восприятии этих институтов мировым сообществом, пока неизвестно.

Список использованных источников:

1. <http://www.rusrating.ru>
2. [http://ecsocman.hse.ru/data/2011/11/28/1270194877/CF_15_pages79_83_turs nov.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/2011/11/28/1270194877/CF_15_pages79_83_turs%20nov.pdf)
3. <http://pda.bfm.ru/news/2012/02/12/vlast-rejtingovyh-agentstv-ili-chetvertyjne-lishnij.html>
4. <http://uchebnik-besplatno.com/mirovaya-ekonomika-uchebnik/rejtingovyieagentstva-mesto-rol.html>

INVESTIGATION OF TRAFFIC INTENSITY ON HIGHWAYS

The study of traffic intensity on motorways allows making adequate decisions at the stage of road design, as well as assessing the accident rate of individual road sections, developing measures to improve the convenience and safety of traffic. In 2024, our team developed IS "Analysis of traffic flow intensity on the highways of Karaganda agglomeration", the work was carried out within the framework of implementation of the research topic under the project "Monitoring of the transport system of Karaganda agglomeration and development of the Concept of transport system development", according to the contract № 113 from 21.11.2024 between NJSC "Abylkas Saginov Karaganda Technical University" and GA "Department of passenger transport and highways of Karaganda region".

IS "Analysis of traffic flow intensity on motor roads of Karaganda agglomeration" (Figure 1) provides for collection of data on traffic flow on the main motor roads of Karaganda agglomeration. Traffic information will be collected using modern monitoring technologies (GPS devices). The main purpose of the analysis is to identify areas with the highest traffic intensity and potential problems in the transport infrastructure of the Karaganda agglomeration (Figure 2). The data obtained (Figure 3) will allow to assess the current traffic congestion and develop measures to optimize traffic flows in the Karaganda agglomeration. The results of the analysis will become the basis for planning road network improvements and increasing its capacity in Karaganda agglomeration.

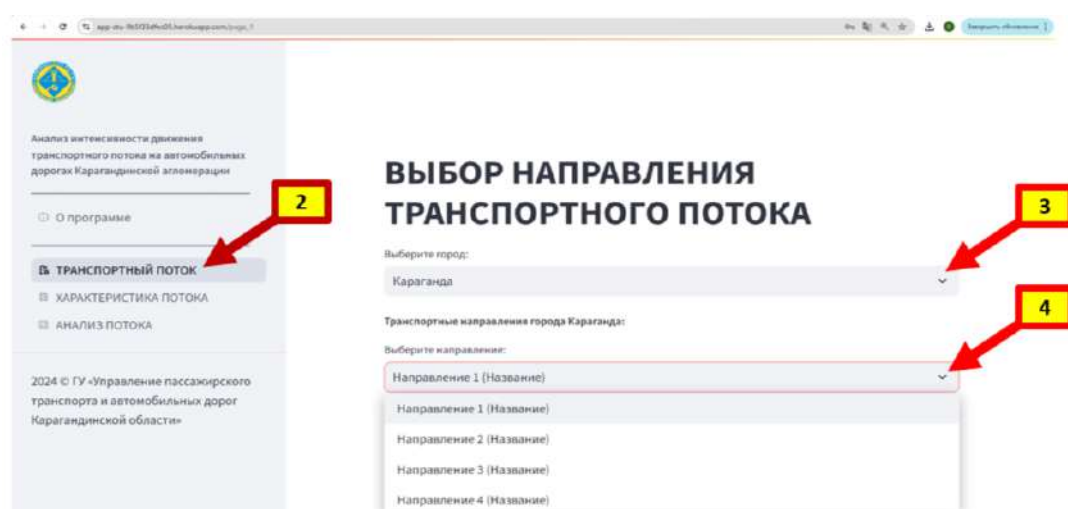


Figure 1 - TRANSPORT FLOW dialog window

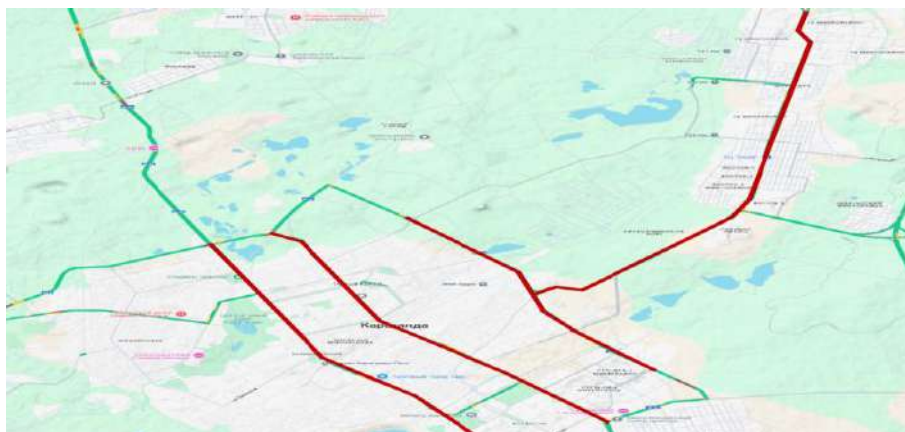


Figure 2 - Studied directions of the main streets of Karaganda city:
1) Bukhar-Zhyrau; 2) Gogol-Republic; 3) Bypass-Tattimbet;
4) Bypass-K.Marx-Magnitogorsk



Figure 2 - Flow Analysis dialogue box

Thus, the conducted research results have an applied value and will be of interest for scientific and engineering workers dealing with issues in the field of development of transport systems of urban and regional agglomerations.

References list

1. Andronov, R. V. The use of adaptive regulation at the intersection of city streets in comparison with the device of interchange at different levels / R. V. Andronov, E. E. Leverents, V. V. Morozov // *Bulletin of Civil Engineers*. - 2017. - № 4 (63). - Pp. 194-200.
2. Akhmadinurov, M. M. Mathematical Traffic flow management models: a monograph / M. M. Akhmadinurov, D. S. Zavalishin, G. A. Timofeeva. Yekaterinburg: USUPS Publishing House, 2011. 120 p.
3. Aksenov, B. G. Statistical processing of scientific research results using information technologies / B. G. Aksenov, S. V. Karyakina, V. V. Fomina. - Tyumen: TIU, 2017. - 173 p.
4. Vol, M. Analysis of transport systems / M. Vol, B. Martin; abridged translation from English by S. V. Albov, P. P. Kobzeva. Moscow: Transport Publ., 1981. 516 p.
5. Gorev, A. E. Fundamentals of the theory of transport systems / A. E. Gorev. - St. Petersburg: SPbGASU, 2010. - 214 p.

АЛГОРИТМ УТОЧНЕННОГО РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДУ НА УКЛОНАХ

Для более точного определения дополнительного сопротивления движению поезда от уклона, разработан алгоритм расчета удельного сопротивления движения поезда на подъездных путях промышленных предприятий, учитывающих специфику профиля пути [1].

При этом в представленном алгоритме, определяется величина уклона под каждой подвижной единицей поезда в конкретный момент времени на определенном участке профиля пути, по которому движется поезд.

Блок-схема алгоритма представлена на Рисунке 1.

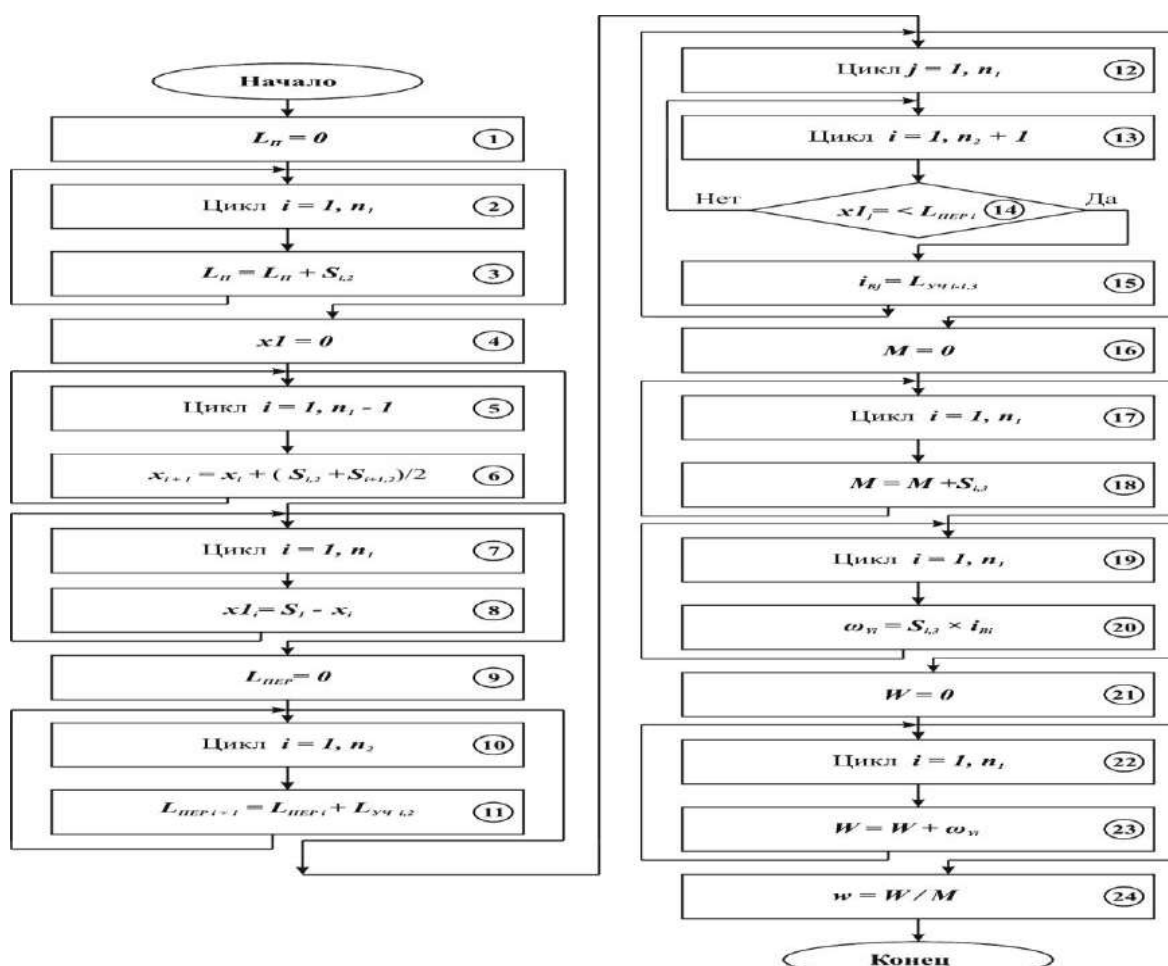


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма расчета удельного сопротивления
движению поезда от уклонах

Полученные значения уклонов используются для расчета удельного сопротивления, приходящегося на каждую единицу подвижного состава. Суммируя сопротивления от уклона по всем вагонам, получают общее дополнительное сопротивление движению поезда на рассматриваемом участке.

Алгоритм включает следующие основные этапы:

Разбиение профиля пути на элементарные участки с постоянным значением уклона.

Определение положения каждой подвижной единицы поезда относительно элементов профиля в каждый момент времени.

Вычисление текущего уклона под каждой единицей подвижного состава на основании её координаты и конфигурации профиля пути.

Расчет дополнительного сопротивления и регистрация результатов для получения полного значения сопротивления по всему составу на каждом временном шаге или участке пути.

Такой подход позволяет учитывать влияние переменного профиля пути на движение поезда с высокой степенью детализации, что особенно важно при проектировании режимов ведения поезда, выборе локомотива и моделировании энергозатрат.

В Блоке 1 присваивается начальное значение длины поезда.

В Блоке 2 организуется цикл по переменной i , изменяющейся в пределах от 1 до n_1 , с шагом 1, где n_1 - количество подвижных единиц в составе (локомотив и вагоны).

В Блоке 3 происходит присваивание очередного значения текущей длины поезда, путем суммирования предыдущего значения длины единицы и длины очередной (следующей) единицы, хранящейся в массиве S .

В Блоке 4 присваивается значение координаты локомотива $x_1=0$.

В Блоке 5 организуется цикл по переменной i , изменяющейся от « i » до « n_1-1 », с шагом равным единице.

В Блоке 6 производится расчет координаты подвижной единицы в составе поезда (вагона) путем суммирования предыдущей координаты с суммой половины длины текущей подвижной единицы с длиной последующей подвижной единицы.

В Блоке 7 организуется цикл по переменной i , изменяющейся от « i » до « n_1 », с шагом равным единице.

В Блоке 8 производится расчет координат x_1 каждой подвижной единицы состава поезда путем вычитания из координаты S_1 середины локомотива каждой подвижной единицы X , отсчитываемой от середины длины локомотива.

В Блоке 9 присваивается начальное значение длины перегона.

В Блоке 10 организуется цикл по переменной i , изменяющейся в пределах от « i » до « n_2 », с шагом равным единице, где n_2 – количество участков перегона.

В Блоке 11 присваивается новое значение текущей длины перегона путем суммирования предыдущей длины с длиной текущего участка.

В Блоке 12 организуется цикл по переменной i , изменяющейся от « i » до « n_1 », с шагом равным единице.

В Блоке 13 организуется цикл по переменной i , изменяющейся от « i » до « $n_2 + 1$ », с шагом равным единице.

В Блоке 14 производится сравнение координаты подвижной единицы состава с текущей длиной перегона. Если координата подвижной единицы состава меньше текущей длины перегона, то в Блоке 15, i_B - присваивается значение уклона соответствующее уклону участка перегона с номером « $i - 1$ ».

В Блоке 16 присваивается начальное значение массы состава.

В Блоке 17 организуется цикл по переменной i изменяющейся от « i » до « n_1 », с шагом равным единице.

В Блоке 18 производится присваивание значение массы состава путем суммирования предыдущего значения со значением массы текущей подвижной единицы состава.

В Блоке 19 организуется цикл по переменной i изменяющейся от « i » до « n_1 », с шагом равным единице.

В Блоке 20 рассчитывается абсолютное значение дополнительного сопротивления движению от уклона путем умножения массы подвижной единицы на величину уклона, на котором находится данная единица.

В Блоке 21 присваивается начальное значение дополнительного сопротивления движению состава от уклона.

В Блоке 22 организуется по переменной i изменяющейся от « i » до « n_1 », с шагом равным единице.

В Блоке 23 присваивается новое значение дополнительного сопротивления движению состава от уклона путем суммирования предыдущего со значением дополнительного сопротивления движению текущей единицы подвижного состава.

В Блоке 24 производится расчет удельного дополнительного сопротивления движению всего состава от уклона, путем деления дополнительного сопротивления движению состава на массу состава.

Данный алгоритм реализован в программной среде Scilab в общей программе численного интегрирования дифференциального уравнения движения поезда.

Список использованных источников

1. Сидяковский В.А. Актуализация правил тяговых расчетов промышленном железнодорожном транспорте : Методическое пособие [Текст]. – Москва : ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», 2016. – 95с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

На территории Республики Казахстан действует значительное количество горнодобывающих предприятий, где техническое обслуживание (ТО) играет ключевую роль в обеспечении надежности оборудования и бесперебойности производственных процессов. Однако традиционные методы проведения ТО не всегда обеспечивают оптимальное соотношение между затратами на обслуживание и простоями оборудования. Неэффективное планирование ТО приводит к снижению коэффициента технической готовности (КТГ) и коэффициента использования оборудования (КИО), что непосредственно влияет на экономическую эффективность работы карьера.

Оптимизация системы планового технического обслуживания с целью снижения простоев оборудования, повышения КТГ и минимизации затрат на эксплуатацию техники.

В качестве альтернативы традиционной системе ТО рассматривается модель технического обслуживания «8 шагов», направленная на равномерное распределение технических мероприятий и сокращение времени простоев. Методика основана на разделении общего цикла ТО на восемь равномерных этапов с фиксированными интервалами обслуживания, что позволяет улучшить логику ремонтов и повысить эффективность эксплуатации оборудования.

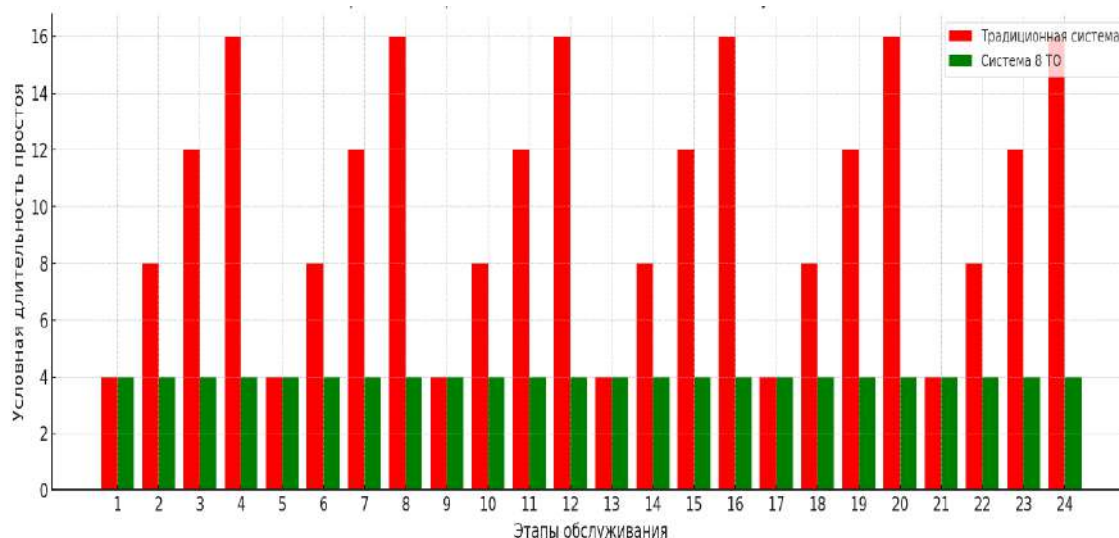


Рисунок 1 – Традиционная модель ТО в сравнении с «8- шагов»

Сравнение традиционной модели ТО и системы «8 шагов» показало значительные различия в затратах времени на обслуживание техники. На основе анализа эксплуатационных данных горного предприятия были рассчитаны совокупные простои оборудования:

- по традиционной системе ТО (за 8000 моточасов) — 488 часов.
- по модели «8 шагов» — 384 часа.

Таким образом, снижение времени простоев составило 104 часа, что эквивалентно 21% от общего времени простоев. Внедрение данной модели на одном из Казахстанских горнодобывающих предприятий, эксплуатирующем 5 буровых станков Sandvik D55SP, позволило сократить суммарные простои на 520 часов в год.

Применение модели «8 шагов» обеспечивает:

- повышение коэффициента технической готовности на 21% за счет равномерного распределения ТО;
- снижение операционных затрат, связанных с простоями оборудования;
- оптимизацию логистики запасных частей и планирования ресурсов для технического обслуживания.

Внедрение модели технического обслуживания «8 шагов» может быть рекомендовано для горнодобывающих предприятий, стремящихся к повышению эффективности эксплуатации оборудования за счет минимизации простоев и оптимизации затрат на техническое обслуживание.

Список использованных источников

1. Аванесов А.А., Оптимизация технического обслуживания и ремонта горного оборудования, Горное дело, 2020.
2. ISO 14224:2016. Системы технического обслуживания. Сбор и обмен данными о надежности и техническом обслуживании.
3. Грошев В.Е., Системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта оборудования, М.: Машиностроение, 2019.
4. Orellana F., Maintenance Management in the Mining Industry: Lessons from Case Studies, Journal of Mining Engineering, 2021.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Современная доставка грузов требует тщательной подготовки и организации перевозок, а также контроля за логистическими процессами. Важно соблюдать все нормы и стандарты, регулирующие автоперевозки, включая требования безопасности и охраны окружающей среды. Одновременно необходимо снижать затраты на транспортировку, минимизировать время доставки, обеспечивая, по возможности, услугу "от двери до двери" с высоким качеством и мобильностью. Для достижения этих целей разрабатываются оптимальные маршруты, которые помогут достичь наилучших результатов.

Одним из современных методов расчета кратчайшего пути является метод муравьиной колонии.

Метод муравьиной колонии — это стохастический алгоритм, основанный на поиске путей в взвешенном графе с динамически изменяемыми весами. Он применяется для решения задач комбинаторной оптимизации, в частности, задач поиска кратчайшего пути. Методику данного алгоритма, предложил итальянский ученый, директор по исследованиям Бельгийского фонда научных исследований и содиректор IRIDIA, доктор технических наук Марко Дориго в 1992 [1].

Для расчета порядка посещения пунктов используется такой параметр как вероятность перехода. Вероятность перехода это процентное соотношение вероятности посещения каждой точки ко всем остальным. Вероятность перехода вычисляется по формуле:

$$P_{m.n} = 100 \cdot \frac{R^I \cdot F^J}{\sum R^I \cdot F^J}, \% \quad (1)$$

где: R - привлекательность перехода к вершине в зависимости от расстояния между двумя вершинами;

F – динамический параметр, отложенный от каждой точки до последующей оставленного предыдущими муравьями;

I – параметр, контролирующий влияние на выбор пути расстояния, $I=1$;

J – параметр, контролирующий влияние на выбор пути количества динамического параметра, принимается $J=1$.

Данный параметр рассчитывается от каждого пункта ко всем стальным. В зависимости от значения данного параметра выбирается точка для посещения.

Выбор пункта посещения делается случайно, но в то же самое время чем будет больше вероятность перехода из i вершины в j , тем больше шансов что будет выбран именно этот путь.

На основании данного алгоритма была создана программа на платформе Microsoft Excel (Рисунок 1). Данная программа написана макросом при помощи искусственного интеллекта встроенным в Microsoft Excel языком программирования Visual Basic. [2]

Макрос – это небольшая программа, и алгоритм действий созданные для автоматизации анализа и обработки данных. Такие программные алгоритмы значительно сокращают время, требующееся на выполнение различных трудоемких операций.

Макросы создаются при помощи встроенного языка программирования «Microsoft Visual Basic Application» и позволяют производить расчеты больших объемов данных. Они хранятся в программных модулях программы.

Главной особенностью является то, что макрос можно запускать бесконечное количество раз, и он каждый раз будет выполнять записанные в нем действия. Благодаря таким особенностям программы Microsoft Excel в ней можно создавать различные программы, рассчитанные на разные цели. В ней можно проводить анализы работы предприятий, составлять графики, и производить расчеты больших объемов данных.

Данная программа позволяет рассчитать оптимальный путь между пунктами посещения исходя из географических координат каждого пункта.

The interface includes a 'Calculate' button and a list of points with their coordinates. The points are:

№ участ	Наименование пунктов маршрута	Широта	Долгота
1	Караганда, Горноспасательная 64	49,817485	73,054857
2	Караганда, Жилстроевая 38	49,818862	73,053890
3	Караганда Сакена Сейфуллина, 15	49,815686	73,068333
4	Караганда Сакена Сейфуллина, 65	49,808967	73,048492
5	Караганда Степная улица 5	49,811273	73,057921

The distance matrix is as follows:

	kz_kpr_Горноспасательная 64	kz_kpr_Жилстроевая 38	Казахстанская улица, 15/6	Сакена Сейфуллина, 65	Степная улица, 5
kz_kpr_Горноспасательная 64	0	0,2	1,2	1,4	0,9
kz_kpr_Жилстроевая 38	0,2	0	1,4	1,5	1,1
kz_kpr_Казахстанская улица, 15/6	1,2	1,4	0	2,2	1,2
kz_kpr_Сакена Сейфуллина, 65	1,4	1,5	2,2	0	0,9
kz_kpr_Степная улица, 5	0,9	1,1	1,2	0,9	0

The route summary shows a distance of 5 and a time of 0,1.

Рисунок 1 – Интерфейс программы

В данной программе в таблице выбираются необходимые адреса. После выбора пункта в таблицу автоматически записываются соответствующие ему географические координаты.

После выбора всех адресов, которые нужно посетить необходимо нажать на кнопку «Рассчитать» расположенную в верхней части программы для того, чтобы программа произвела вычисления оптимального пути для посещения всех пунктов. Программа рассчитывает путь в следующей последовательности:

1. Автоматически рассчитывается расстояние между всеми пунктами зависимости от расстояния по формуле приращения линейных координат, и далее полученные значения записываются в матрицу расстояний.

2. Исходя из значений матрицы расстояний по формуле вероятности посещения каждой точки маршрута высчитывается вероятности посещения точек.

3. Рассчитываются итерации с различными вариантами маршрутов. Выбор пунктов посещения основывается на вероятности перехода от одного пункта к другому, но производится случайным образом.

Случайный фактор выбора пункта позволяет учесть все возможные варианты маршрутов, т.к. варианты с проходом по пунктам с наибольшими вероятностями посещения не всегда окажутся самыми оптимальными.

При учете таких вариантов существует вероятность что маршрут, в котором присутствуют не самые оптимальные переходы между пунктами окажется оптимальнее чем маршрут, рассчитанный без случайного фактора.

На данном этапе для расчетов используется макрос, записанный в отдельном модуле.

Данный макрос позволяет произвести необходимые итерации и рассчитать передвижение от одного пункта до другого пункта, а также записать рассчитанные маршруты.

4. После расчета всех итераций выбирается путь с минимальным километражом, потраченным на посещение всех пунктов.

Порядок посещения этих пунктов в соответствии с минимальным километражом записывается в ячейку с наименованиями посещения этих пунктов и последовательности их посещения. Также в зависимости от километража и планового времени затрачиваемого на посещение пункта высчитывается общее плановое время нахождения автомобиля на маршруте, и плановое количество топлива, которое потратится на проезд по маршруту. Все рассчитанные данные указываются в отчетной таблице. После заполнения очередности посещения адресов и дополнительной информации по маршруту посещения на карте указываются пункты при помощи маркеров.

Список литературы:

1 . Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы / Штовба - Мастерская решений С. 70–75 - URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_516818878/Muravinye_algoritmy.pdf (данные обращения: 9.11.2024).

2 . Официальный сайт корпорации Microsoft Corporation [сайт] / Microsoft Corporation - 2025 - URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/excel?market=ru> (дата обращения: 10.12.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

Современная транспортно-логистическая система – это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих движение материальных потоков на национальном и международном уровнях. Эффективность этих процессов определяется стабильностью поставок, сбалансированным распределением ресурсов и способностью систем адаптироваться к внешним изменениям. В последние годы логистическая отрасль претерпевает значительные изменения: рост затрат на топливо и обслуживание, колебания рыночной конъюнктуры, изменение условий внешней торговли и дефицит кадров осложняют традиционные модели управления. При этом усиливается давление со стороны потребителей, требующих высокой точности, прозрачности и скорости логистических операций. Согласно данным Transport Intelligence (2024) [1], более 60% логистических компаний в Европе и Центральной Азии сообщают о хронической нехватке водителей, а уровень пустых пробегов достигает 20–25%. В этой ситуации всё больше компаний обращаются к цифровым решениям, особенно к технологиям искусственного интеллекта (ИИ), как к инструменту, способному обеспечить устойчивость, адаптивность и эффективность логистических цепочек.

Современные алгоритмы учитывают дорожные условия, погоду, трафик и другие внешние факторы. Они позволяют формировать динамически обновляемые маршруты в реальном времени. Это даёт экономию времени, топлива и увеличивает надёжность доставки. Пример: Система Dynamic ETA (Estimated Time of Arrival), применяемая Uber Freight [2], использует данные от тысяч перевозчиков для постоянной калибровки маршрутов.

ИИ применяет модели временных рядов и машинного обучения для прогнозирования изменений в объёмах перевозок. Это позволяет адаптировать расписание, предотвращать простои и оптимизировать ресурсы. Типовая модель прогноза показана на рисунке 1 и по формуле (1):

$$S(t) = \alpha \times S(t - 1) + \beta \times X(t) + \gamma \times Y(t - 1) \quad (1)$$

где $S(t)$ – прогнозируемый спрос в момент времени t ;

$S(t-1)$ – прогноз в предыдущем периоде;

$X(t)$ – внешние факторы (например, экономические данные);

$Y(t)$ – данные о предыдущем спросе;

α, β, γ – коэффициенты модели.

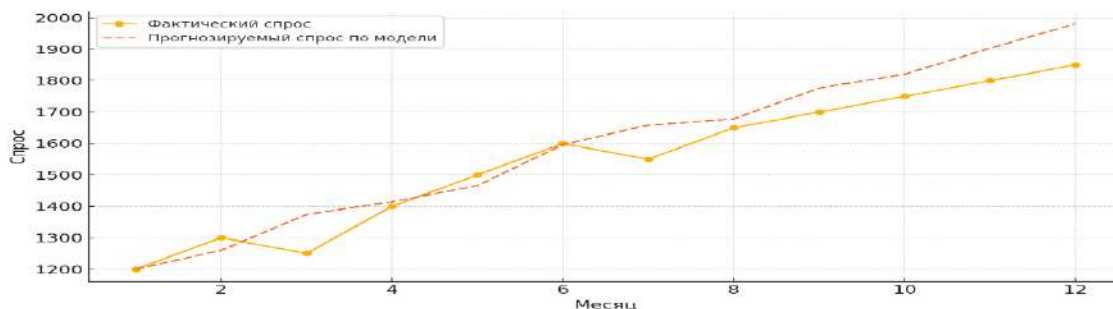


Рисунок 1 – Прогнозирование спроса на основе временных рядов

Алгоритмы машинного обучения могут предсказывать сбои в цепях поставок на основе исторических данных, что даёт возможность предотвращать задержки. Использование такой модели позволяет заранее выявлять уязвимости в цепочке поставок и принимать превентивные меры, что критически важно для устойчивости логистических процессов. Один из примеров модели прогнозирования представлен по формуле (2):

$$R_{failure} = g \times (D, W, H, T_{history}) \quad (2)$$

где $R_{failure}$ – вероятность сбоя;

D – данные о доставке;

W – данные о погодных условиях;

H – исторические данные о сбоях;

$T_{history}$ – история выполнения операций.

Для оценки эффективности применения ИИ в логистике важно использовать количественные метрики, позволяющие наглядно продемонстрировать преимущества цифровизации.

Наиболее ощутимый эффект от внедрения является сокращение времени доставки грузов, это достигается за счёт построения оптимальных маршрутов, предиктивной аналитики и автоматизации процессов. Допустим, до внедрения ИИ время доставки груза от склада до конечного клиента составляло 8 часов, а после внедрения – 6 часов (согласно исследованию Uber Freight, сокращение времени доставки на 15-25% [2]). За месяц было осуществлено 200 доставок. Расчет экономии времени, при внедрении ИИ производится по формуле (3):

$$E_{time} = \frac{\sum T_b - \sum T_a}{\sum T_b} \times 100 = \frac{(8 \times 200) - (6 \times 200)}{(8 \times 200)} \times 100 = 25\% \quad (3)$$

где T_b – время доставки до внедрения ИИ;

T_a – время доставки после внедрения ИИ.

Таким образом, обеспечена экономия времени на 25%, что существенно повышает удовлетворённость клиентов и пропускную способность логистической системы.

ИИ способен учитывать внешние условия (пробки, погодные факторы, дорожные работы), что позволяет сокращать расход топлива за счёт выбора более эффективных маршрутов. Предположим, что до внедрения искусственного интеллекта расход топлива для доставки одного груза составлял 40 литров, а после внедрения – 35 литров (согласно исследованию С.Н. Robinson, сокращение расхода топлива на 12-15% [3]). Расчет экономии топлива, при внедрении ИИ производится по формуле (4):

$$E_{fuel} = \frac{\sum S_b - \sum S_a}{\sum S_b} \times 100 = \frac{40 - 35}{40} \times 100 = 12.5\% \quad (4)$$

где S_b – количество топлива, использованное до внедрения ИИ;
 S_a – количество топлива, использованное после внедрения ИИ.

ИИ позволяет достичь экономии топлива до 12.5%, что особенно актуально на фоне роста цен на горюче-смазочные материалы.

Системы помогают уменьшить количество «пустых» рейсов, интеллектуально распределяя грузы между транспортными средствами. Предположим, что до внедрения ИИ доля пустых пробегов составляла 20%, а после внедрения она снизилась до 15% (согласно исследованию Business Insider, сокращение пустых пробегов до 25% [4]). Расчет сокращения пустых рейсов производится по формуле (5):

$$E_{empty} = \frac{\sum E_{empty\ b} - \sum E_{empty\ a}}{\sum E_{empty\ b}} \times 100 = \frac{20\% - 15\%}{20\%} \times 100 = 25\% \quad (5)$$

где $E_{empty\ b}$ – процент пустых пробегов до внедрения ИИ;
 $E_{empty\ a}$ – после внедрения.

Это свидетельствует о 25% снижении неэффективного использования автопарка, что положительно влияет на маржинальность перевозок.

Искусственный интеллект становится фактором трансформации транспортно-логистической отрасли, способствуя снижению издержек, сокращению времени доставки, повышению надёжности поставок и улучшению качества обслуживания. Внедрение интеллектуальных технологий позволяет не только оптимизировать операционные процессы, но и формировать проактивные стратегии управления в условиях неопределённости. В контексте ускоренной цифровизации мировой экономики ИИ выступает важнейшим элементом обеспечения устойчивой конкурентоспособности на рынке транспортных услуг.

Список использованных источников:

1. Transport Intelligence. (2024). *Global Freight and Logistics Trends Report*.
2. Uber Freight. (2023). *How Uber Freight uses AI to improve delivery efficiency*.
3. C.H. Robinson. (2022). *AI in logistics: Fuel efficiency and dynamic routing*.
4. Business Insider Intelligence. (2021). *Empty miles in freight: How AI reduces waste and cost*.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR
EXHAUST GAS AFTERBURNING IN AN INTERNAL COMBUSTION
ENGINE

Exhaust gas purification systems in automotive and industrial equipment play a crucial role in reducing emissions of harmful substances such as nitrogen oxides (NO_x), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), and particulate matter. The development of an exhaust gas purification system based on a Programmable Logic Controller (PLC) requires a well-thought-out modular architecture that includes both hardware and software components.

1. Programmable Logic Controller (PLC)

The PLC is the central component of the system and performs control functions. It processes data from sensors and adapts exhaust gas purification parameters based on real-time operating conditions of the vehicle. Within this structure, the PLC performs several key functions:

The PLC receives signals from various sensors, such as NO_x sensors, temperature sensors, and oxygen sensors. This data undergoes preprocessing, filtering, and error checking.

The PLC makes decisions by regulating the operation of the catalyst, filter, and Selective Catalytic Reduction (SCR) system, adapting the entire system's operation depending on engine load and exhaust gas composition.

The PLC coordinates the operation of components such as urea injectors and catalysts, adjusting their parameters in real-time to maximize purification efficiency.

The PLC monitors key system components, such as filters and catalysts, preventing overheating, wear, or overload, thereby extending the system's lifespan.

2. Sensor System

Sensors play a key role in ensuring the accuracy of the exhaust gas purification system. The most important sensors include:

NO_x sensor – Monitors nitrogen oxide levels in exhaust gases and transmits data to the PLC. This sensor is essential for SCR systems, as it determines when to inject urea to reduce NO_x concentrations.

Oxygen sensor – Measures the oxygen level in exhaust gases. Based on this data, the PLC can regulate engine operation and the exhaust gas recirculation system to achieve an optimal fuel-air mixture.

Temperature sensors – Installed at various points in the exhaust system to measure the temperature of gases and components such as the catalyst and filter.

High temperatures can trigger diesel particulate filter (DPF) regeneration or adapt catalyst operation.

Pressure sensors – Used to monitor contamination levels in filters. For example, if the pressure difference before and after the DPF is too high, the filter may require cleaning or replacement.

3. Catalyst and Diesel Particulate Filter (DPF)

The catalyst and DPF are the primary components for physical exhaust gas purification. They are located in the exhaust system and serve to capture and neutralize pollutants.

Catalyst – Breaks down harmful substances such as carbon monoxide (CO) and hydrocarbons (HC), converting them into harmless compounds (e.g., CO₂ and H₂O). The PLC monitors the catalyst's efficiency by measuring gas concentrations before and after it. If efficiency decreases, the PLC can adjust urea injection to improve purification.

DPF (Diesel Particulate Filter) – Captures particulate matter and soot generated during diesel fuel combustion. The PLC tracks the filter's condition by measuring contamination levels. If necessary, the system initiates filter regeneration, burning accumulated soot and restoring its throughput capacity.

4. Reagent Injection System (SCR)

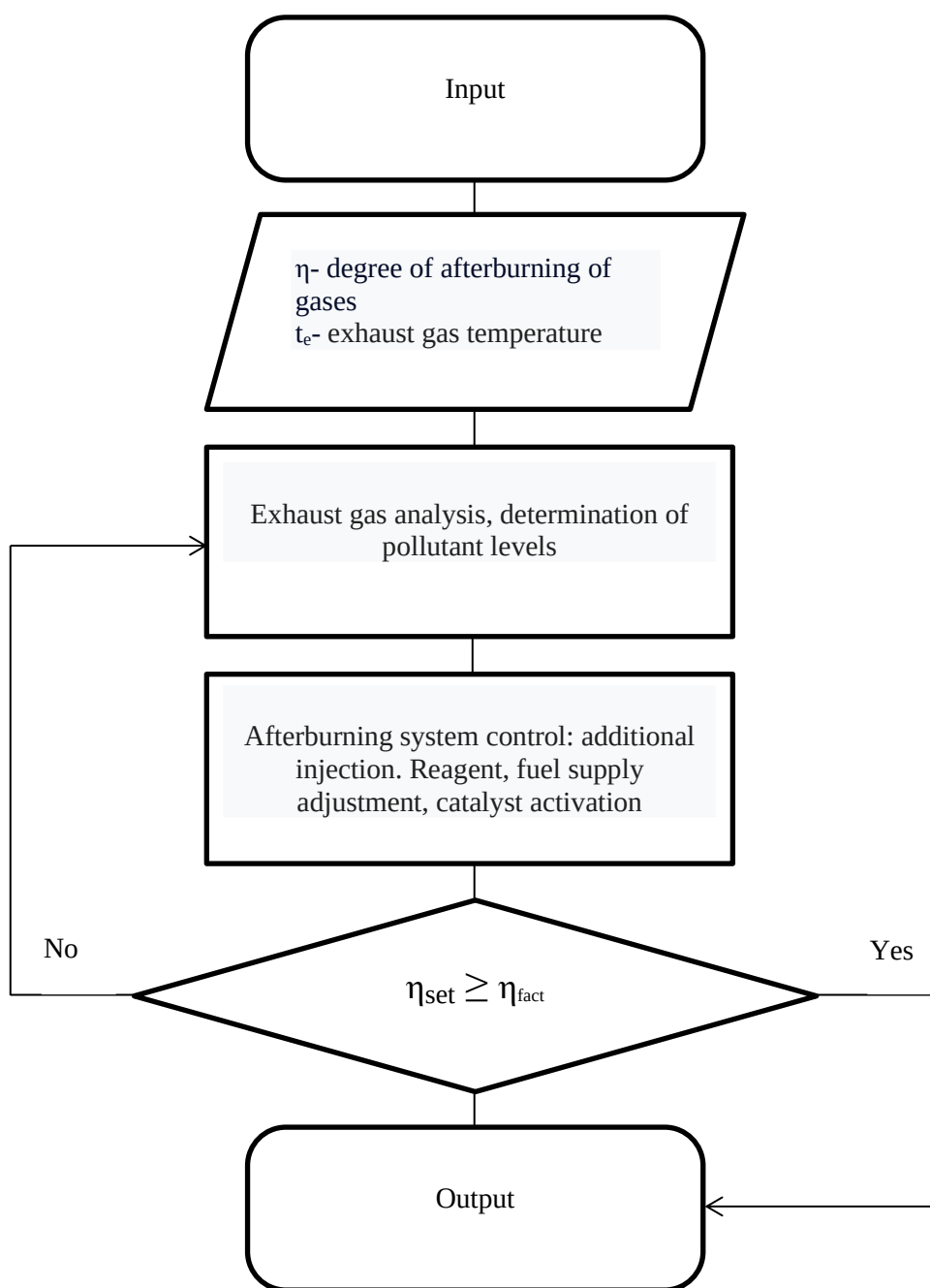
The Selective Catalytic Reduction (SCR) system is a technology used to remove nitrogen oxides (NO_x) from exhaust gases in engines. The system includes an injector that sprays urea into the exhaust stream, triggering a chemical reaction that converts NO_x into nitrogen and water. [1]

The PLC precisely controls the timing and volume of urea injection based on NO_x sensor data. This optimizes reagent consumption and prevents excess accumulation, which could lead to deposits inside the exhaust pipe.

Advantages of the Proposed Technical Solution

Environmental compliance – The system effectively reduces NO_x, CO, and particulate emissions, ensuring compliance with international environmental standards. Resource efficiency – Optimized urea consumption and automatic DPF regeneration reduce operational costs. Predictive maintenance – Advanced algorithms help schedule maintenance, lowering costs and minimizing failure risks. Increased reliability and longevity – Precise control algorithms and self-learning capabilities extend the lifespan of components such as catalysts and filters, preventing overheating and wear.

Flowchart of the exhaust gas afterburning control system



References:

1. Shishov, O.V. (2024). Programmiruemye logicheskie kontrollery: uchebnik [Programmable Logic Controllers: Textbook]. Moscow: INFRA-M. 461 p. DOI: 10.12737/20308991.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОБУСОВ YUTONG

Главной особенностью организации ТО и ТР автобусов YUTONG в ТОО «Автобусный парк №3» является централизация производства на головном предприятии, где проводятся все виды ТО и ТР на производственных комплексах диагностики, ТО-1, ТО-2, ТР.

После уборочно-моечных работ (УМР) автобусы поступают в зону ожидания, где точно определяется порядок перемещения автобуса по комплексам и участкам.

Диагностика технического состояния автобусов является важнейшим элементом технологического процесса ТО и ТР.

Для определения уровня технического состояния автобусов и остаточного ресурса в ТОО «Автобусный парк №3» с 1984 года функционирует комплекс диагностики, работающий круглосуточно.

Автобусы, подлежащие ТО-2, поступают на комплекс диагностики, где определяется объем ТО-2 и сопутствующего ТР, выполняемого совместно с техническим обслуживанием.

Полный перечень комплексной диагностики охватывает:

- проверку электрооборудования и системы энергоснабжения;
- проверку двигателя и его систем (охлаждения, смазки, зажигания, питания, пуска);
- проверку работоспособности оборудования салона автобуса, кабины водителя;
- проверку механизмов управления (рулевое управление, тормозная система);
- проверку состояния ходовой части транспортного средства (колеса, шины, подвеска);
- проверку агрегатов трансмиссии.

Наибольшее количество отказов автобусов YUTONG приходится на топливную и электронную систему управления двигателем, а также на электротехнические и электронные приборы и датчики автобуса.

В топливной системе наибольшее количество отказов приходится на форсунки, в связи с тем, что внутренние отверстия распылителя имеют очень маленький диаметр чувствительны к загрязнению и качеству топлива (содержанию серы в дизельном топливе).

Топливная система работает под очень высоким давлением, которая превращает частицы пыли и грязи в агрессивный абразивный материал и приводит к повреждению деталей насоса высокого давления и форсунок.

В двигателе автобуса YUTONG используется топливная система с общим топливопроводом высокого деления, который накапливает топливо с высоким давлением для впрыска.

Четыре узла системы подают сигналы на электронный модуль управления (ЕСМ) или получают сигналы от него.

Модуль управления ЕСМ подает питание на электрический подкачивающий насос расположенный позади модуля, в течении приблизительно 30 секунд после поворота пускового выключателя для заполнения топливной системы. Нормально открытый привод топливного насоса получает сигнал от широтно-импульсной модуляции на открытие или закрытие от модуля управления ЕСМ в соответствии с сигналом, поступающим от датчика давления в общем топливопроводе.

На каждой форсунке установлен отдельный электромагнитный клапан. Модуль управления ЕСМ подает питание на каждую форсунку отдельно для подачи топлива в каждый из цилиндров.

Характерной особенностью современных автобусов является наличие встроенных в их системы и агрегаты большого числа преобразователей электрических и не электрических параметров двигателей внутреннего сгорания и агрегатов автобусов в электрические для обеспечения процессов регулирования электронных систем управления.

Автобусные электронные системы управления во многом определяют экология окружающей среды, экономию топлива, безопасность дорожного движения и повышение производительности труда за счет обеспечения комфортабельности в салонах автобусов.

Электронные системы управления автобусов YUTONG, обеспечивающие безопасность движения, включают следующие датчики: индикатор антиблокировочной системы; проблем тормозной системы; неисправности подушек безопасности; не пристёгнутый ремень безопасности водителя; аварийной сигнализации; блокировки дверей; неисправности трансмиссии и подвески; неисправности в системе курсовой устойчивости; давления в шинах; неисправности систем освещения и сигнализации.

В системе электрооборудования (система освещения и сигнализации, стартер, генератор и т.д.) основное количество отказов приходится на перегорание ламп и нарушение разъёмов и контактов.

В тормозной системе автобусов YUTONG наибольшее количество отказов приходится на датчики АБС и датчики износа тормозных колодок (согласно нормативным данным тормозные колодки меняются через 30-45 тыс. км при ТО-2).

Список использованных источников

1. Инструкция по эксплуатации автобусов Yutong ZK6118HGA. Завод Yutong (Китай),- 2019, 255 с.
2. Руководство по техническому обслуживанию автобусов Yutong ZK6118HGA. Завод Yutong (Китай),- 2019, 121 с.

КӨЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНДАҒЫ МОБИЛЬДІ ЖОЛ ӨТПЕЛЕРІНІҢ РӨЛІ

Көлік инфрақұрылымы қоғамның экономикалық және әлеуметтік тұрақтылығының маңызды элементтерінің бірі болып табылады. Ол адамдардың, тауарлардың және қызметтердің қозғалысын қамтамасыз етеді, бұл оны қазіргі әлемнің ажырамас бөлігіне айналдырады. Алайда, көлік жолдары көбінесе табиғи апаттар, қарулы қақтығыстар немесе пайдалану салдарынан болатын қирау сияқты әртүрлі қиындықтарға тап болады. Мұндай жағдайларда уақытша шешімдер, мысалы, мобильді жол өтпелері көлікке қол жетімділікті қамтамасыз етудің және төтенше жағдайлардың салдарын азайтудың негізгі құралына айналды.

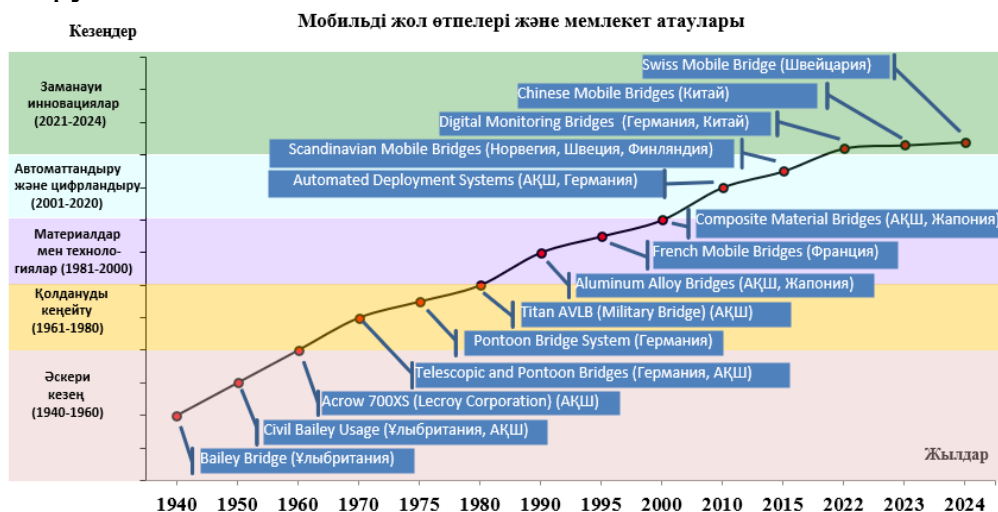
Мобильді жол өтпесі - бұл уақытша көпір құрылымдары, оларды тез орналастыруға және әр түрлі рельефтік жағдайларға бейімдеуге болады. [1]

Қалалардың қарқынды өсуі мен көлік ағындарының ұлғаюы жағдайында көлік инфрақұрылымының қазіргі заманғы дамуы, әсіресе жолдарды жөндеу және қайта құру кезінде көліктің үздіксіз қозғалысын қамтамасыз ету үшін жедел және тиімді шешімдерді талап етеді. Негізгі мәселелердің бірі - көлік кептелісі мен айналма жолдарды азайтуға мүмкіндік беретін уақытша құрылымдарды құру, бұл әсіресе қалалық, тығыздығы жоғары жағдайларда маңызды. Мобильді жол өтпелері бұл мәселені шешуде маңызды рөл атқарады, бұл жолдардың жөнделетін аймақтарын тікелей кесіп өтуге мүмкіндік береді. [2]

Соңғы онжылдықтарда мобильді жол өткелдері айтарлықтай дамыды. Материалтану, жобалау және технологиялар саласындағы жетістіктердің арқасында олардың пайдалану сипаттамалары айтарлықтай жақсарды. Қазіргі заманғы конструкциялар жеңіл, жоғары жүк көтергіштігімен, сыртқы факторларға төзімділігімен және орналастыру жылдамдығымен ерекшеленеді. [3]

Мобильді жол өтпелерінің концепциясы Ұлыбританияда Екінші дүние-жүзілік соғыс кезеңінде алғаш рет жүзеге асырылған «Bailey» модульдік көпірінің құрылуынан бастау алды (1 сурет). Бұл инженерлік шешім мобильді жол инфрақұрылымының одан арғы даму бағытын айқындап, оны әскери және азаматтық мақсаттағы стратегиялық инфрақұрылымдық нысанға айналдырды. 2024 жылы жылжымалы көпір технологиясы жаңа даму сатысына көтерілді – Швейцарияда жол жөндеу жұмыстарын жүргізу барысында көлік ағынын тоқтатпай, қозғалысты қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін инновациялық конструкция іске

қосылды. Осыған байланысты, мобильді жол өтпелері заманауи көлік-коммуникациялық жүйелердің ажырамас бөлігі ретінде дамуын жалғастыруда.



Сурет 1- Мобильді жол өтпелерінің даму кезеңдері

Мобильді жол өтпелерін жіктеудің негізгі шарттарының бірі олардың құрылымдық орындалуы болып табылады. Жиналмалы көпірлер ең әмбебап болып табылады, өйткені олар орнында тез жиналатын стандартты модульдерден тұрады. Телескопиялық көпірлер, модульдік көпірлерден айырмашылығы, модульдерді қосуды немесе алып тастауды қажет етпестен олардың ұзындығын реттеуге мүмкіндік беретін тартылатын элементтерге ие.

Қозғалыс әдісі сонымен қатар мобильді жол өтпелерінің функционалдығын анықтайды. Жеке жүріс бөлігімен жабдықталған өздігінен жүретін мобильді жол өтпелері жоғары деңгейге ие, бұл қосымша жабдықты пайдалану шектеулі жағдайларда өте маңызды. Тасымалданатын құрылымдар, керісінше жүк көліктерімен тасымалдауды қажет етеді, бірақ пайдалану икемділігін қамтамасыз етеді, өйткені оларды алыс қашықтыққа жеткізуге болады [3].

Мобильді жол өтпелері әскери және азаматтық болып бөлінеді, оларды қолдану мақсаттарына, пайдалану шарттарына және құрылым талаптарына байланысты.

Мобильді өтпелерді әзірлеу мен пайдаланудың шетелдік тәжірибесі озық инженерлік шешімдерді, нақты жағдайларда қолданудың сәтті мысалдарын және инновациялық технологияларды қамтитын жоғары білім саласын білдіреді. Әр түрлі елдер өздерінің көлік жүйелерінің, әскери логистика мен инфрақұрылымның нақты қажеттіліктеріне назар аударатын отырып, мобильді жол өтпелерді құру мен пайдалануда айтарлықтай тәжірибе жинақтады. Бұл тәжірибе мобильді өтпелерді одан әрі дамытуда қолдануға болатын ең жақсы тәжірибелерді анықтауға, сондай-ақ оларды жетілдіру бағыттарын анықтауға көмектеседі.

Шетелдік тәжірибенің ең көрнекті мысалдарының бірі - Ұлыбритания-да жасалған әйгілі Bailey көпірі. Бұл көпір бірнеше ондаған жылдар бұрын жасалғанына қарамастан, оның модификациялары әр түрлі елдерде уақытша өткелдер мен апаттардан кейін жол инфрақұрылымын қалпына келтіру үшін қолданылады [5].

Америка Құрама Штаттары мобильді жол өтпелерін дамытуға айтарлықтай үлес қосты. Lescroy Corporation азаматтық және әскери қажеттіліктер үшін модульдік көпірлер жасайтын әлемдегі жетекші компаниялардың біріне айналды. Компанияның ең танымал өнімдерінің бірі сексеннен астам елде қолданылатын Acrow 700XS көпірі. Бұл көпір жоғары жүк көтергіштігімен, бейімделгіштігімен және қарқынды көлік ағындарына төтеп беру қабілетімен ерекшеленеді. [3].

Германия мобильді жол өтпелерді, соның ішінде понтонға негізделген жүйелерді жобалаудың инновациялық тәсілдерімен танымал. Германияда жасалған Pontoon Bridge System - бұл су тосқауылдарынан өту үшін қолданылатын модульдік құрылым. Мұндай жүйеге кез-келген ұзындықтағы бір көпірге қосылатын жеке понтондар кіреді.

Қытай Халық Республикасы (ҚХР) соңғы жылдары азаматтық және әскери қажеттіліктер үшін мобильді өткел технологияларын белсенді түрде дамыта бастады. ҚХР компаниялары автоматты орналастыру жүйелері бар өздігінен жүретін көпірлерді дамытуға назар аударды. Мұндай конструкциялар рельефтің әртүрлі жағдайларына бейімделе алады, бұл әсіресе рельефі өзгермелі аймақтарда қолдану үшін өте маңызды. [4]

Шетелдік тәжірибе қазіргі заманғы жылжымалы көпірлерді жобалауда үздік тәжірибелерді енгізуге мүмкіндік беретін әрі қарайғы әзірлемелер үшін маңызды бағдар ретінде қызмет етеді [4].

Қорыта келе: мобильді жол өтпелері күрделі жағдайларда көлік байланысын тез қалпына келтіруге, шығындарды азайтуға және қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Тарихы, жіктелуі және халықаралық тәжірибе көрсеткендей, мобильді жол өтпелері қазіргі әлемнің сын-қатерлеріне жауап беру және көлік жүйесін дамытуда және инфрақұрылымның тұрақтылығын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

Рахманов А.Б. Четыре колеса апокалипсиса: причины автомобильных пробок в крупных городах мира // Вестник Томского государственного университета. Томск 2020. № 58 – С. 170-188.

2. Балабекова К.Г. Обоснование необходимости применения мобильных путепроводов // Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук / КазКИ. – Казань, 2017. – С. 43-44. 4.

3 Кручинкин А.В. Сборно-разборные временные мосты. – М.: Транспорт, 2015. – 192 с.

4. Kadyrov A., Balabekova K., Ganyukov A., Akhmediyev S. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing. // Transport problems. – Katowice (Poland): Silesian University of Technology, 2017. –Vol. 12, Is.3.–P. 59-69.

РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Современный городской пассажирский транспорт играет ключевую роль в обеспечении мобильности населения и развитии городской инфраструктуры. Нормальное функционирование городского пассажирского транспорта важно для развития социальной и производственно-экономической сферы любого города. Эффективная организация управления городским пассажирским транспортом должна быть ориентирована на учёт интересов предприятий перевозчиков при повышении уровня качества предоставляемых транспортных услуг.

В Карагандинской области, особенно в её крупнейшем городе - Караганде, транспортная система активно модернизируется и адаптируется под потребности растущего населения и экономических процессов региона. Развитие общественного транспорта стало важной частью стратегии устойчивого развития региона.

Развитие городского пассажирского транспорта в Карагандинской области активно поддерживается в рамках стратегических инициатив, направленных на улучшение транспортной инфраструктуры и повышение качества обслуживания населения.

Автобусный транспорт остаётся одним из наиболее массовых и доступных видов передвижения, однако сталкивается с рядом серьёзных проблем.



Рисунок 1 – Новые автобусы маршрута Караганда - Темиртау

На сегодняшний день в городе Караганде функционирует более 45 городских и 8 пригородных маршрутов. Обслуживанием маршрутов занимаются несколько перевозчиков, в сумме ежедневно на линии выходит

около 400 автобусов. Это позволяет обеспечивать доступность общественного транспорта для большинства жителей города и ближайших населённых пунктов.

Также развивается железнодорожное сообщение: с 2018 года вновь начал функционировать маршрут Караганда-Жезказган, который обеспечивает связь между крупными промышленными центрами области [1].

Важнейшим шагом к системному развитию транспорта стало утверждение Комплексного плана развития Карагандинской агломерации на 2025–2029 годы. Этот план охватывает 33 населённых пункта и направлен на создание единого транспортно-логистического пространства.

План предусматривает:

- реконструкцию и строительство 51 км автодорог,
- капитальный и средний ремонт 487,3 км дорог,
- развитие транспортных связей между населёнными пунктами для формирования единого рынка труда.

Одним из приоритетов является интеграция городского транспорта с пригородными маршрутами и улучшение доступности отдалённых районов.

Для повышения эффективности и прозрачности работы транспорта внедряются цифровые решения: электронная система оплаты проезда; GPS-навигация автобусов; мониторинг расписания в реальном времени [2].

Эти меры направлены на улучшение сервиса для пассажиров и повышение прозрачности работы перевозчиков.

Одной из задач транспортной реформы является снижение уровня загрязнения воздуха. В этой связи рассматривается внедрение экологичных автобусов — на газомоторном топливе и электричестве. Также особое внимание уделяется доступности транспорта для людей с ограниченными возможностями и социально уязвимых категорий граждан.

Несмотря на положительные сдвиги, остаются проблемы: нехватка новых автобусов; перегруженность некоторых маршрутов в часы пик; изношенность части дорожной инфраструктуры.

Однако реализация комплексных планов на ближайшие годы позволяет рассчитывать на существенное улучшение транспортной ситуации в регионе.

Развитие городского пассажирского транспорта в Карагандинской области является важной частью стратегии социально-экономического роста региона. Внедрение современных технологий, улучшение инфраструктуры и экологическая устойчивость позволяют надеяться на создание комфортной, доступной и эффективной транспортной системы для всех жителей.

Список использованных источников

1. <https://karagandy.invest.gov.kz>
2. <https://adilet.zan.kz>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ И ОБРАБОТКИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Одной из критических проблем надежности трубопроводов является накопление внутренних загрязнений (накипь, парафин, коррозионные отложения, биоплёнки). Это приводит к падению пропускной способности, гидравлическим ударам, росту давления и авариям. Во многих удаленных районах Казахстана регулярная очистка трубопроводов затруднена из-за нехватки квалифицированного персонала, отсутствия необходимого оборудования и инфраструктуры. Существующие методы очистки – механические «гребки» (скребки), гидродинамическая промывка, химическое растворение отложений – требуют либо присутствия подготовленных бригад, либо остановки и разборки участка трубопровода, либо больших затрат на логистику. На практике эти подходы часто малоэффективны и не обеспечивают должной профилактики. В таких условиях актуальна задача автоматизации и интеллектуализации процессов обслуживания трубопроводных систем. Современное развитие технологий открывает новые возможности для создания автономных роботизированных комплексов очистки труб. Такие системы способны работать без непосредственного участия человека, точно адаптируясь к обстановке внутри трубы в реальном времени. Однако большинство зарубежных «умных» очистных устройств и инспекционных роботов спроектированы под иные климатические, инфраструктурные и логистические реалии. Их прямое применение в Казахстане ограничено несоответствием материалов и конструкций, а также отсутствием совместимости с цифровыми платформами управления, используемыми в отечественной практике. Это обуславливает необходимость разработки специализированного решения, учитывающего местные условия эксплуатации.

Целью исследования является – научно обосновать и разработать усовершенствованную роботизированную систему очистки трубопроводов, адаптированную к условиям Республики Казахстан. Для достижения этой цели проведён всесторонний анализ современных технологий очистки труб и методов предотвращения износа, а также патентный анализ существующих роботизированных очистных устройств. На основе результатов анализа определены перспективные направления модернизации: интеграция очистного

оборудования с цифровыми платформами (SCADA, GIS и др.), внедрение телеметрии и модулей искусственного интеллекта, повышение автономности работы и адаптивности под различные диаметры труб и условия среды. В качестве технологической базы выбрана конструкция одного из передовых устройств (робота очистки трубопроводов, описанного в корейском патенте), которая была инженерно адаптирована под климатические и эксплуатационные особенности Казахстана. Разработаны новые конструктивные и программные модули системы, включая архитектуру взаимодействия робота с цифровой инфраструктурой (дистанционный мониторинг состояния через сотовую/спутниковую связь, интеграция в систему «цифрового двойника» трубопровода). Кроме того, выполнено технико-экономическое моделирование, оценивающее эффективность внедрения разработанной системы в различных отраслях (тепло- и водоснабжение, нефтегазовый сектор, промышленность) и условиях удалённых регионов.

В ходе исследования создана многофункциональная интеллектуальная роботизированная система очистки трубопроводов нового поколения. Конструкция обладает модульной архитектурой: сменные рабочие оборудование позволяет быстро конфигурировать устройство под конкретную задачу. Встроенная интеллектуальная система управления на базе датчиков и алгоритмов машинного обучения автоматически регулирует параметры очистки, предотвращая повреждения труб и оптимизируя эффективность процесса. Робот обладает полной автономностью работы до 12 часов без вмешательства оператора, что дает возможность очистки протяжённых участков трубопровода без остановки транспортировки продукта. По завершении цикла очистки устройство самостоятельно возвращается в точку доступа для обслуживания или переноса на новый участок. Разработанная система интегрирована в единую цифровую инфраструктуру управления. Благодаря оснащению коммуникационными модулями, робот в реальном времени передаёт данные о своем состоянии и параметрах работы в диспетчерские системы (SCADA/IIoT). Это позволяет оператору удаленно контролировать процесс очистки, при необходимости вносить коррективы или запускать устройство по заданному графику, не выезжая на объект. Система собирает и архивирует телеметрические данные (давление, вибрацию, температуру, потребляемый ток и др.) для последующего анализа. Таким образом, роботизированная платформа становится частью «умной» инженерной системы: результаты каждого цикла очистки автоматически фиксируются и используются для обновления цифрового двойника трубопровода, что повышает прозрачность и предсказуемость эксплуатационных процессов. Научная новизна разработки состоит в создании гибридной системы очистки, которая впервые сочетает механическое удаление отложений с адаптивным управлением в режиме реального времени. Предложенная

система не ограничивается выполнением очистки – она интегрирует функции мониторинга, самодиагностики и прогнозирования на базе анализа данных, превращаясь в автономного агента технического обслуживания. Практическая значимость работы подтверждается широкой применимостью системы в различных секторах: от коммунального хозяйства (теплосети, водопровод) до нефтегазовой и химической промышленности. Разработанный роботизированный комплекс особенно эффективен для удалённых и труднодоступных районов, где традиционные методы очистки затруднительны. Внедрение такой системы повышает автономность и безопасность обслуживания трубопроводов, снижает аварийность и потери ресурсов за счёт превентивной очистки и диагностики.

Экономический анализ показал, что использование интеллектуального очистного робота может сократить затраты на обслуживание инженерных сетей до 30–50 % по сравнению с традиционными подходами. Сравнительный анализ затрат представлен в таблице 1.

Таблица 1
Сравнительный анализ затрат

Метод	Годовые затраты, тг
Механическая очистка	14000004
Гидродинамическая очистка	8799996
Химическая очистка	10599996
Роботизированная система	7090008

В условиях, где традиционные методы очистки трубопроводов сталкиваются с серьёзными ограничениями, разработка интеллектуальной роботизированной системы представляет собой эффективное и перспективное решение. Внедрение предложенной технологии способно кардинально модернизировать инфраструктуру технического обслуживания и заложить основу для создания «умных» инженерных сетей нового поколения.

Список использованных источников

- 1 Интеллектуальные роботизированные системы в промышленности: монография / И.В. Козлов, А.Н. Матвеев, Ю.М. Петров. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2020.*
- 2 Очистка и диагностика трубопроводов: научные основы и инженерные решения / под ред. В.А. Гребенникова. – Москва: Машиностроение, 2018.*
- 3 Коррозионная защита трубопроводов: теория и практика / И.В. Костин, Л.А. Тимошенко. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2019.*
- 4 Роботизированные системы мониторинга и обслуживания инженерных сетей / В.А. Кривошеин, С.И. Белоусов. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2021.*

ПРОИЗВОДСТВО ЧИПСОВ «LAY'S»: ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА ОТ ПРОИЗВОДСТВА ДО РЕАЛИЗАЦИИ

Чипсы - самый востребованный вид снеков с историей. Вот только мало кто задумывается, как организовано производство картофельных чипсов [1]. Логистика производства чипсов «Lay's», охватывает несколько этапов производства от технологии взращивания картофеля до попадания продукта на полки магазина. Транспортировка картофеля требует особых условий, что может повлечь за собой порчу товара и финансовые потери.

В процессе управления логистической цепью авторы использовали информационную программу JetLoader, которая позволила смоделировать процесс загрузки картофеля в мешках, с учетом всех параметров транспортного средства и условий грузоотправителя. Моделирование по размещению картофеля в фуре позволит логистической цепи быть устойчивой и адаптироваться на любые отклонения параметров и факторов внешней среды.

Для перевозки картофеля проведем расчет:

Перевозим - 20 тонн, вес одного мешка - 40 кг. Рассчитаем сколько мешков нам понадобится для перевозки $20000 / 40 = 500$ мешков.

Стандартный размер мешка, например: $0,5 \text{ м} \times 0,8 \text{ м} \times 0,4 \text{ м}$ (что даёт объём $0,16 \text{ м}^3$), то $500 \text{ мешков} \times 0,16 \text{ м}^3 = 80 \text{ м}^3$

Размер фуры - 90 м^3 , необходимо уместить 500 мешков на площади $13,6 \text{ м} \times 2,5 \text{ м}$. Если укладывать мешки горизонтально по $0,5 \text{ м} \times 0,8 \text{ м}$, то на один слой вмещается $(13,6 / 0,5) \times (2,5 / 0,3) = 27,2 \times 8,3 \approx 226$ мешков. Необходимо $500 / 226 \approx 2,2$ слоя.

После загрузки, считаем стоимость тарификатора на 1 км – 379 тенге.

Расстояние = $1460 \times 379 = 553\,340$ тенге.

Налогообложение: $553\,340 : 100 \times 12 = 66\,480,8$ тенге

Итог: $553\,340 + 66\,480,8 = 619\,740,8$



Рисунок 1 - Автопоезд: тягач (2-х осный) + полуприцеп - тент. 100 м^3
(мега, 13 метров, 3-х осный)

№	Цвет	Назначение или вид перевозимых грузов	Размеры	Масса брутто	Количество
1		картофель фри/пюре	500 x 800 x 400 мм	40,1 кг	500 шт

Используя программу JetLoader - виртуальный расстановщик груза на фуре, контейнере или паллете онлайн, привели расчет нагрузки на оси:

МАТРИЦА НА ОСИ			
Оси чипсов			
Ось	Итого	Масс.	Привес.
Ось 1	6 183 кг	7 760 кг	156,7 кг
Ось 2	8 350 кг	10 500 кг	2150 кг
Оси полукартофеля			
Ось	Итого	Масс.	Привес.
Ось 1	5 377 кг	8 000 кг	2 623 кг
Ось 2	5 977 кг	8 800 кг	2 823 кг
Ось 3	8 577 кг	8 800 кг	3 223 кг

Картофельные клубни для производства чипсов «Lay's», отбираются определённого сорта. Подходят всего 7 видов из 2000 известных сортов. Данные сорта содержат минимальное количество сахара, и большое количество крахмала. Их 4 кг картошки получаем 1 кг продукта. Начальный процесс подготовки занимает 40 минут, от него зависит конечный результат. Технологический процесс производства чипсов «Lay's» состоит из множества этапов.

Логистические решения организации этапов производства чипсов «Lay's»:

Первый этап - технологический, от процесса доставки картофеля до пункта приема, разгрузки, сортировки, очистки и нарезки клубней. В рефрижераторных фурах происходит процесс доставки картофеля, с поддержанием определенной оптимальной температуры для перевозки. При не верном выставлении t°C, картофель теряет свои свойства (плотность структуры клубня, упругость и т.д).

По прибытию на производственную базу рефрижераторы фура принимают на повышенный участок, где с легкостью фуру наклоняют и картофель скатывается на конвейерную ленту для последующей операции на этапе. Проводя сортировку, чистку от земли, грунта и ростков, происходит отбор картофеля по диаметру от 4 до 9 сантиметров. Параллельно проводится калибровка картофеля: очень мелкие клубни отбрасываются в сторону, в отдельный резервуар [2]. Отобранное картофель поступает для очистки, где очищается от посторонних примесей. После используют специальный резервуар, для промывки картофеля, вода подается через систему форсунок, затем вымытый, очищенный картофель попадает во вращающийся барабан и под воздействием силы трения очищается от кожицы, сохраняя так мягкость. Весь данный этап занимает порядка 90 секунд [1].

Последние действия в первом этапе еще раз промывают очищенный картофель, и он отправляется на дальнейшую сортировку. Затем клубни ранжируются по размерам - особо крупные режутся на несколько фрагментов. Далее картофельное сырье передается на инспекцию. Здесь оценивается качество клубней, пропущенные ненормативные куски режутся либо отбрасываются в брак [1].

Второй этап производства чипсов. Пройдя полный процесс очистки картофель попадает в грейдер, где разрезается на несколько кусочков используется крупный круглый нож. На данном этапе производства участвует человек, который наблюдает за процессом сортировки и нарезки

клубней, контролируя и придавая форму «Слайсов». Из одной средней картофельной клубней получается до 25 слайсов, допустимой толщины от 1 до 3 миллиметров.

Третий этап - изготовление чипсов. Нарезанные слайсы, промывают под струю воды, вымывая крахмал. Промытые слайсы попадают в жаровню, и обжариваются при 180°C в течение трех минут.

Процесс жарки имеет следующие результаты, которые необходимо проверять [3]:

- при выходе из жаровни - чипсы имеют сухую поверхность, хрустящие и очень хрупкие, с определенным сроком хранения;
- если чипсы мокрые, после машинной проверки системы «Влагомер», удаляется вся партия;
- проведя проверку на целостность и достаточность прожарки, далее чипсы подвергаются вкусовым добавкам.

Четвертый этап производства чипсов - добавки приправ, придающие вкус, запах. Чипсы помещают в специальный барабан, где подвергают раскручиванию, посыпая приправами. Картофельные ломтики имеют маслянистую структуру, позволяющую легко прилипать приправам.

Количество используемых одновременно вкусовых добавок составляет до 8 видов одновременно, от сухих трав до сложных компонентов [4].

Просмотрев этапы изготовления чипсов, перейдем к последнему *пятому этапу* - реализации. Процесс упаковки осуществляется с помощью весового дозатора, определяющий массу снеков, попадающих в пакеты, далее пакеты заполняются азотом и запаиваются, для последующей транспортировки без повреждения продукта.

На сегодня необходимо четко планировать работу и организовывать процесс производства. Логистика производства очень важна с момента выбора сырья, поставщиков и машинного оборудования, используемого в производстве [5].

Необходимым условием поддержания и повышение качество работы логистической цепи производственного предприятия является регулярный анализ всех участников цепочки, а также необходимо проводить исследование рынка, проанализировать потребителей продукции.

Список использованных источников

1. Как делают картофельные чипсы на заводе https://foodbay.com/wiki/it_is_interesting/2024/07/03/kak-delayut-kartofelnye-chipsy-na-zavode/
2. Лапин, В. А. Современные технологии переработки картофеля / В. А. Лапин, Н. И. Костров. - Текст: непосредственный. - Москва: КолосС, 2017. - 368 с.
3. Мазур, А. А. Технология производства картофельных чипсов: теория и практика / А. А. Мазур, П. П. Соколов. - Текст: непосредственный. - Санкт-Петербург: Профессия, 2015. - 224 с.
4. Борисова, Е. В. Цифровые технологии в пищевой промышленности / Е. В. Борисова, Д. С. Романов. - Текст: непосредственный // Вестник пищевой промышленности. - 2020. - № 4. - С. 65–72.
5. Сорокин, Н. П. Логистика и управление цепями поставок в пищевой индустрии / Н. П. Сорокин. - Текст: непосредственный. - Москва: Инфра-М, 2019. - 416 с.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ЛАЗЕРНАЯ ОЧИСТКА ВЫХЛОПНЫХ ГА-ЗОВ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ТРАНСПОРТА В МЕГАПОЛИСАХ КАЗАХСТАНА

Глобальное изменение климата, вызванное нарастающим накоплением парниковых газов в атмосфере, сегодня признано одной из ключевых проблем современности. Углеродный след транспорта – суммарный объём выбросов парниковых газов (в эквиваленте CO_2), напрямую или косвенно связанных с эксплуатацией транспортных средств – является информативным показателем вклада транспорта в глобальное потепление. По оценкам, на сферу транспорта приходится до четверти мировых выбросов CO_2 .

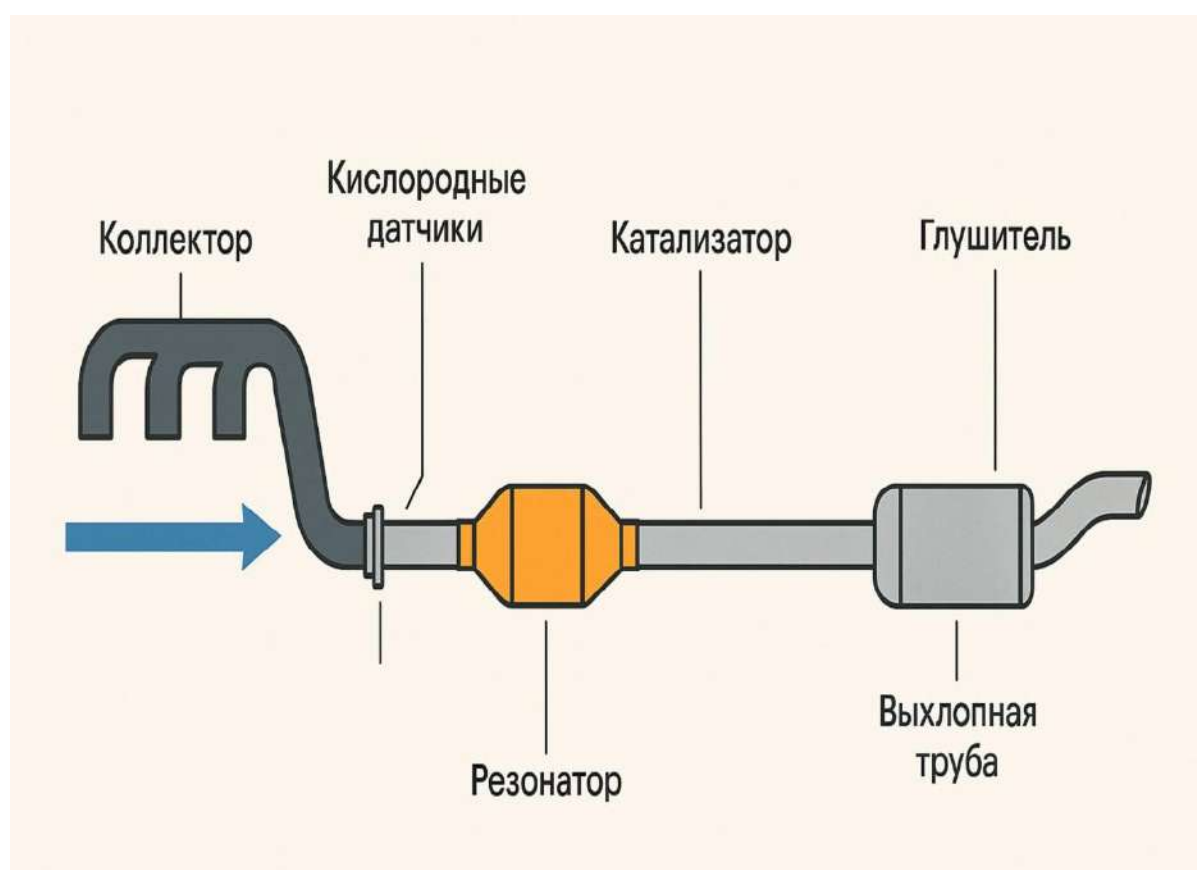


Рисунок 1 Выхлопная система автомобиля

Это означает, что около 20–25% антропогенных эмиссий обусловлены перевозками. В силу высокого уровня урбанизации и зависимости от автомобильного транспорта, в крупных городах вклад

транспорта в углеродный след особенно существенен. В Казахстане эта проблема приобретает острую актуальность: страна относится к числу лидеров по объёмам выбросов парниковых газов на душу населения, что обусловлено углеводородно – ориентированной экономикой и высокой энергоёмкостью хозяйства. Более 80% национальных выбросов CO_2 связано с энергетическим сектором, однако роль транспорта также значительна и продолжает расти. Особое внимание привлекают мегаполисы – Алматы, Астана и другие крупные города, где сосредоточена значительная часть автопарка страны и связанные с ним выбросы. Рост количества автомобилей в крупнейших городах Казахстана ведёт к увеличению как углеродного следа, так и локального загрязнения атмосферы. Например, в Алматы зарегистрировано свыше 600 тысяч единиц автотранспорта, причём ежедневно в город дополнительно въезжают около 400 тысяч машин из пригородной зоны – суммарно на дорогах мегаполиса насчитывается до 1 миллиона автомобилей каждый день. В долгосрочной перспективе эти усилия способствуют и уменьшению углеродного следа, особенно в контексте объявленной национальной цели достижения углеродной нейтральности к 2060 году. Помимо традиционных подходов, немаловажную роль призваны сыграть новые научно – технические разработки, направленные на очистку выхлопных газов и уменьшение вредных выбросов непосредственно на выходе из двигателя.

Перспективным методом является комбинированное применение ультразвуковых волн и инфракрасного лазерного излучения для очистки выхлопа. Принцип действия такой технологии основан на одновременном физическом воздействии на частицы загрязнений двумя способами: акустическим и лазерным. Высокоинтенсивный ультразвук создаёт в потоке выхлопных газов колебания, которые вызывают столкновение и слипание мельчайших частиц сажи и аэрозоля – процесс акустической коагуляции.

В результате частицы объединяются в более крупные агломераты, которые легче улавливаются фильтрами или осаждаются. Одновременно инфракрасный лазерный диод, излучающий в диапазоне, поглощаемом частицами сажи, нагревает и инициирует фототермическое окисление (сжигание) углеродистых частиц прямо в потоке. Это приводит к их пиролизу или доокислению до газообразных продуктов (CO_2), тем самым уменьшая массовую концентрацию твёрдых частиц.

Преимуществом ультразвуково-лазерной системы является то, что она нацелена прежде всего на тонкодисперсные частицы (сажи, $\text{PM}_{2.5}$ и др.), которые наиболее вредны для здоровья и традиционно труднее задерживаются.

По данным экспериментальных исследований, воздействие ультразвука позволяет увеличить эффективность осаждения тонких

частиц на десятки процентов, вплоть до удаления более 70–90% мелкодисперсного аэрозоля за короткое время.

Инфракрасное лазерное излучение, в свою очередь, способно воспламенять и обугливать частицы сажи (аналогично принципу лазерной индукционной инцидесценции), доводя процесс их окисления до конца. Таким образом, сочетание этих технологий обещает значительно снизить выбросы твёрдых частиц, углеводородной сажи и иных токсичных продуктов горения топлива в выхлопе двигателя, что улучшит качество воздуха на улицах города.

Кроме того, опосредованно это способствует снижению «чёрного углерода» – компонента сажи, который обладает сильным парниковым эффектом и отложением на поверхности снега и льда ускоряет их таяние. Расчёты показывают, что уменьшение выбросов чёрного углерода от дизельного транспорта даёт значимый эффект в борьбе с изменением климата в краткосрочной перспективе, дополняя сокращение выбросов CO₂..

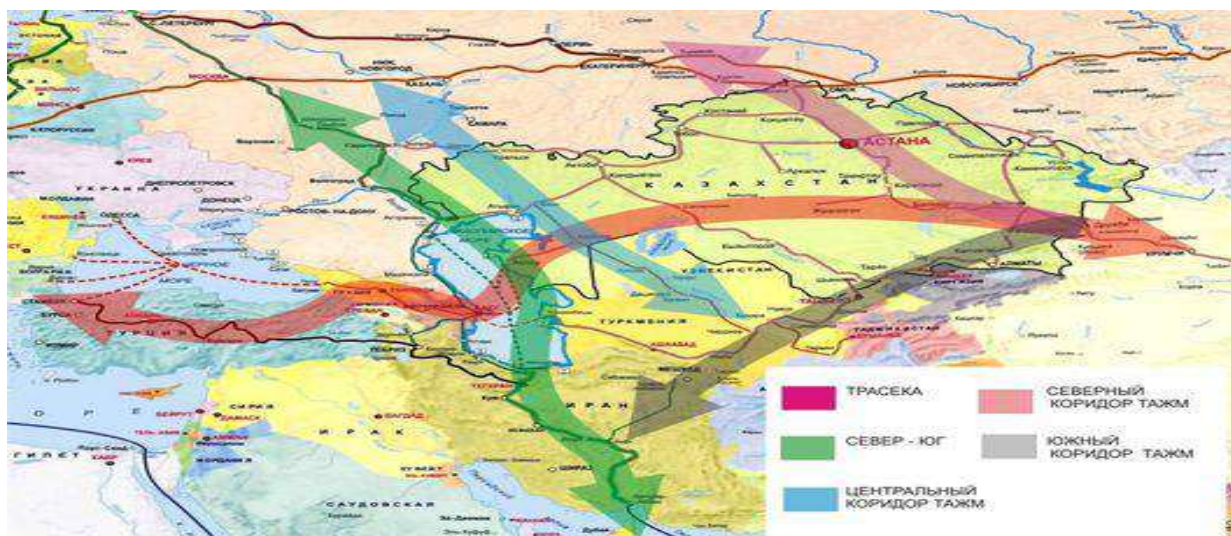
Список использованных источников

1. Kadyrova, I., Yegorov, S., Negmetzhanov, B., Hortelano, G., Babenko, D. High SARS- CoV- 2 seroprevalence in Karaganda, Kazakhstan before the launch of COVID-19 vac- cination. PLoS., 2022, 17 (7 July), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272008>
2. Kadyrov, A., Sarsembekov, B., Ganyukov, A., Zhunusbekova, Z., Alikarimov, K. Experimental research of the coagulation process of exhaust gases under the influence of ultra- sound. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online]. 2021, 23(4), p. B288-B298. ISSN 1335-4205, eISSN 2585-7878. Available from: <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.4.B288-B298>
3. Kadyrov, A., Kryuchkov, Y., Sinelnikov, K., Sakhapov, R., Kukesheva, A. Studying the Process of the Internal Combustion Engine Exhaust Gas Purification by an Electric Pulse // Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2022, Vol. 24, issue 4, B275 – B287. <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.2.B97-B105>.
4. Adil Kadyrov, Bauyrzhan Sarsembekov, Alexandr Ganyukov, Shinpolat Suyunbaev, Kirill Sinelnikov Ultrasonic unit for reducing the toxicity of diesel vehicle exhaust gases Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online], 2022, 24(4), pp..B189-B198. ISSN 1335-4205. Available from: <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.3.B189-B198>

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КӨЛІК ДӘЛІЗДЕРІН ПАЙДАЛАУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Қазақстанның көлікті дамыту саласындағы халықаралық ынтымақтастығы маңызды рөл атқарады, өйткені ол саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға және көлік қызметтерінің сапасын арттыруға ынталандырады. Қазақстан Республикасының халықаралық көлік дәліздерінің схемасы 1-суретте келтірілген.

ЕО бағыты бойынша Корея Республикасы арқылы қытай транзиті ағынының дамуына қытай үкіметінің бірқатар бастамалары қосымша серпін береді, олар Шыңжаң Ұйғыр автономиялық ауданын (СЮАР) көршілес Қазақстанды дамытуға айтарлықтай күш салады. Қытайдың «Ұлы серпіліс алға» бірыңғай көлік стратегиясы және ҚХР батыс провинцияларын жедел дамыту жөніндегі «GoWest» бағдарламасы Қытайдың экономикалық дамыған жағалау аймақтары мен елдің аз дамыған батыс өңірлері арасындағы алшақтықты азайтуға бағытталған. Осы мақсатқа жету үшін Қытай үкіметі инфрақұрылымды, оның ішінде көлікті дамытуды жеделдетуге, жаңа өндіріске инвестиция салуға, шетелдік капиталды тартуды ынталандыруға, білім беру жүйесін дамытуға және осы перспективалы өңірге кәсіби жұмыс күшін тартуға ниетті. Аталған бағдарламаларды іске асыру экспортқа бағдарланған қосымша өндірістерді құру үшін алғышарттар мен Қазақстан Республикасының тікелей маңайындағы жүк базасын ұлғайту үшін жағдайлар жасауға мүмкіндік береді.



Сурет 1 - Қазақстан Республикасының халықаралық көлік дәліздері

Жүк тасымалының өсу қарқыны бойынша Қазақстан ТМД елдерінің арасында көшбасшы болып табылады. Қазақстанда Кеден одағы мен БЭК-те (Ресей мен Беларусь) әріптес елдермен тарифтік келісімдер қалыптастыру жұмыстары басталды. Алайда, мұндай халықаралық келісімдер ортақ көлік жүйесімен біріктірілген басқа көрші мемлекеттермен де қолданыста болуға тиіс.



Сурет 2 - Қазақстан Республикасы көлік кешені қызметінің негізгі көрсеткіштері

Транзиттік тасымалдар ең төменгі шығын болып саналады және оның жүктерді тасымалдаудан түсетін жиынтық табыстағы үлесі 20%-ды (ЖІӨ-нің 1,4%-ға жуығы) құрайды.

ЖІӨ-дегі көлік саласының үлесі орташа есеппен 7-8%. Республиканың көлік кешенінің жұмысын талдау темір жол көлігінің жүк тасымалдаудағы рөлінің елеулі екендігін көрсетеді. 2-сурет республика бойынша жүк айналымының 55%-ы темір жол көлігімен, 23%-ы құбыр көлігімен, 21%-ы автомобиль көлігімен жүзеге асырылатынын көрсетеді. Өуе және теңіз көлігінің үлесі 1%-дан кем. Байланыс саласында жүк айналымы құрылымында 41%-ы экспорт, 39%-ы ішкі, 11%-ы транзит және 9%-ы импорт болып табылады. Республика бойынша барлық транзиттік тасымалдардың 93%-ы темір жол көлігімен жүзеге асырылады.

Қазақстандағы жаңа темір жол құрылысы республиканың сыртқы экономикалық көлік байланыстарын кеңейтуді қамтамасыз ету үшін екі Халықаралық темір жол көлігі дәлізін қамтиды: "Қорғас - Жетіген станциясы". Ұзындығы 298,4 шақырым темір жолдың бұл учаскесі

Қазақстан арқылы қытай жүктерінің ағынын жылына 5,6 млн. тоннаға ұлғайтуға, Қытаймен екінші халықаралық шекаралық өткелді қалыптастыруға мүмкіндік береді. Бұл ретте Қытайдан Қазақстанның оңтүстік өңірлеріне және Орта Азия елдеріне дейінгі қашықтық 500 км-ден астамға қысқарды. Сәйкесінше, жыл сайынғы жүк айналымының 450 мың тонна автокөлік құралын темір жол көлігін арзандатуға бағыттауға болады.

«Өзен – Түрікменстанның мемлекеттік шекарасы». Ұзындығы 146 шақырым темір жолдың бұл учаскесі Қазақстанның Иранға, сондай-ақ Парсы шығанағы елдері мен теңіз порттарына шығуын қамтамасыз ететін Халықаралық көлік дәлізінің бір бөлігі болып табылады. 2012 жылы тасымалдаудың болжамды көлемі 5,5 млн. тоннаға дейін, 2017 жылы – 6,3 млн. тоннаны, 2022 жылы – 7,4 млн. тоннаны құрайды. Жаңа бағыт қолданыстағы магистральдармен салыстырғанда солтүстік-оңтүстік жолды 600 км-ден астамға қысқартуға мүмкіндік береді.

Қазақстан Республикасына темір жол желілерін салу жөніндегі бірқатар жобаларды іске асыру қажет:

- Бейнеу – Шалқар (4 елді мекеннің көлік қажеттіліктерін қанағаттандыра отырып, Бейнеу станциясына баратын бағытты қысқартуға ықпал етеді);

- Сексаул – Жезқазған (Қазақстан Республикасының орталық бөлігінің темір жол инфрақұрылымын дамытуды, батыс және орталық және шығыс өңірлер арасындағы қатынаста жүк тасымалдау қашықтығын қысқартуды, транзитті дамытуды, Орталық Қазақстандағы бірқатар кәсіпорындардың экспорттық әлеуетін арттыруды көздейді);

- Маңғышлақ – Баутино (Каспий теңізінің қайраңында теңіз мұнай-газ операцияларына қызмет көрсететін Баутиноға көлік қызметін көрсетеді);

- Жезқазған – Қызылорда (жүк тасымалдау қашықтығын қысқартады, көмір, мұнай-газ және кен кен орындарын игеруге қолайлы жағдай жасайды);

- Арқалық – Шалқар (қолданыстағы «Есіл - Арқалық» бітеуіш желісінің табыстылығын арттырады, транзитті дамытады, көлік қызметін жақсартады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Б.Т.Тұрысбеков Көлік логистикасы: Оқу құралы. I-том., – Алматы: CyberSmith, 2021 – 224 б.
2. Қазақстан Республикасы Президентінің 2015 жылғы 6 сәуірдегі № 1030 Жарлығымен бекітілген "Нұрлы жол" инфрақұрылымды дамытудың 2015-2019 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы.
3. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 31 желтоқсандағы № 1055 қаулысымен бекітілген "Нұрлы жол" инфрақұрылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы.
4. Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә.Назарбаевтың 2018 жылғы 10 қаңтардағы «Төртінші өнеркәсіптік революция жағдайындағы дамудың жаңа мүмкіндіктері» атты Қазақстан халқына Жолдауы.
5. Дубовицких Ю. Трансконтинентальный коридор предложил создать Назарбаев // Forbes. - 2015. 15 мая.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРЯМЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

Управление цепями поставок – это современная концепция ведения бизнеса, инновационная сущность которой заключается в рассмотрении логистического процесса в цепи поставок как единого целого, необходимого для максимально эффективного достижения целей. Цепи поставок – это многослойное переплетение потоков и процессов, для управления которыми необходима соответствующая информация, позволяющая выработать руководящие идеи, разработать инструменты оптимизации ресурсов и применения лучших практик для реализации главной полезной функции.

Анализ эффективности прямой цепи поставок является ключевым моментом процесса оптимизации всей логистической сети.

Для оценки режима функционирования прямых цепей поставок целесообразно использовать модель индексного нормирования оценки результативности (МИНОР), суть которой заключается в следующем:

- абсолютные показатели преобразуются в относительные, а именно — в темпы роста данных показателей;

- желательные уровни изменения показателей результативности и их приоритетность устанавливаются посредством эталонного ранжирования всей совокупности показателей по принципу предпочтительности темпа роста данного показателя в системе. Ранжирование позволяет выразить динамику показателей в их взаимном отношении, т. е. позволяет оценить свойство системы, которое ни одним из показателей в отдельности оценено быть не может.

МИНОР обеспечивает:

- получение обобщённого показателя, характеризующего результаты функционирования системы;

- выявление критических областей деятельности предприятия, оказывающих непосредственное влияние на общую результативность.

Для эталонного ранжирования оценок темпов роста показателей используется метод экспертных оценок. Определение влияния многих взаимосвязанных и одновременно действующих показателей производится путем сравнения эталонного и фактического рядов темпов роста показателей на основе расчета коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла и далее обобщенной и положительной оценок результативности прямой цепи поставок.

После определения общего состояния цепей поставок необходимо выделить показатели, имеющие наибольшее отклонение от эталона и наметить возможные организационные изменения в цепи поставок.

Одним из вариантов выделения критических показателей является использование метода изолированного влияния факторов на снижение общей результативности:

$$\Delta P(P_i) = P_9 - P(P_i), \quad (1)$$

где $\Delta P(P_i)$ — снижение оценки результативности под воздействием i -го показателя; $P_9 = 1$ — обобщенная оценка эталонной результативности прямой цепи поставок; P_i — показатель, занимающий в динамическом нормативе i -е место (имеющий i -й ранг); $P(P_i)$ — обобщенная оценка результативности, рассчитанная только на основе нарушений, вызванных динамикой i -го показателя.

Метод изолированного влияния факторов предусматривает встраивание в эталонный ранговый ряд фактического ранга оцениваемого показателя, что сопровождается корректировкой рангов эталонного ряда всех показателей. При этом обязательно должно выполняться условие постоянства суммы рангов. При корректировке рангов эталонного ряда равные ранги должны остаться равными. Должны быть получены все ранги без пропусков, что проверяется заменой связных рангов на несвязные (например, 13,5 на 13 и 14). Выполнение указанных условий может потребовать корректировки эталонного ранга оцениваемого показателя.

Следует помнить, что количество связных рангов с дробной частью (например, 12,5) должно быть четным (2,4,6,...), а количество связных рангов без дробной части — нечетным (3,5,7,...).

Примеры встраивания фактического ранга для 22 показателей в эталонный приведены ниже. Эталонный ранговый ряд: 1;2;3;4;5;6;7,5;7,5;9;10,5;10,5;12;13;14,5;14,5;16;17;18;19;20;21;22.

Пример 1. Показатель «Валовая прибыль» имеет фактический ранг 21, в то время как в эталонном ряду у него ранг 1. В таком случае этому показателю в новом ранговом ряду будет присвоен ранг 21, а ранги всех остальных показателей сдвинутся вверх на один ранг, кроме показателей, имеющих ранг ниже рассматриваемого. Второй ранг эталонного ряда станет первым, третий станет вторым и т.д.. Показатель, имеющий в эталонном ряду 21-ый ранг станет 20, а 22-ой ранг не изменится. Сумма рангов остается неизменной. Скорректированный ранговый ряд: 21;1;2;3;4;5;6,5;6,5;8;9,5;9,5;11;12;13,5;13,5;15;16;17;18;19;20;22.

Пример 2. Показатель «Годовой спрос» имеет фактический ранг 5,5, в то время как в эталонном ряду у него 3-ий ранг. В новом ранговом ряду ранги выше 3-го не меняются, поэтому ранги 1 и 2 остаются. Поскольку 3-ий ранг эталонного ряда стал 5,5 в фактическом, то 4-ый ранг становится 3-им, 5-ый ранг — 4-ым. Ранг 5,5 является связным и может быть получен только как среднее рангов 5 и 6, следовательно, 6-ой ранг эталонного ряда становится 5,5. Далее ранги не изменяются. Скорректированный ранговый ряд: 1;2;5,5;3;4;5,5;7,5;7,5;9;10,5;10,5;12;13;14,5;14,5;16;17;18;19;20;21;22.

После построения скорректированных ранговых рядов по всем показателям для каждого из них определяются коэффициенты ранговой корреляции, на основе которых рассчитывается обобщенная оценка результативности $P(\Pi_i)$ и по формуле (1) определяется $\Delta P(\Pi_i)$ — снижение оценки результативности под воздействием i -го показателя.

Вычисление интегрального коэффициента результативности основано на расчете темпов роста избранных показателей и отклонений каждого показателя в этой системе от эталонной.

Интегральный коэффициент результативности определяется по формуле:

$$K_{рез} = 1 - \sum_{i=1}^n \Delta P(\Pi_i), \quad (2)$$

где $K_{рез}$ — интегральный коэффициент результативности; $\Delta P(\Pi_i)$ — отклонение оценки результативности под воздействием i -го показателя; n — количество показателей.

Сумма всех $\Delta P(\Pi_i)$ при проведении изолированного факторного анализа будет несколько меньше 1, так как не учитываются связи между параметрами.

После того, как определен интегральный коэффициент результативности, проводят его оценку по шкале, представленной в таблице 1, и генерируются идеи по улучшению функционирования цепи поставок.

Таблица 1

Шкала значений $K_{рез}$

Диапазон $K_{рез}$	Оценка результативности	Необходимые действия
$0.9 \leq K \leq 1$	Отличная (почти идеальная цепь поставок)	Мониторинг, поддержание текущего уровня, выявление и распространение лучших практик.
$0.7 \leq K < 0.9$	Очень хорошая	Незначительные корректирующие действия, направленные на дальнейшую оптимизацию отдельных процессов.
$0.5 \leq K < 0.7$	Хорошая	Корректирующие действия, анализ причин отклонений в некоторых областях.
$0.3 \leq K < 0.5$	Удовлетворительная	Значительные корректирующие действия, выявление и устранение узких мест.
$0 \leq K < 0.3$	Неудовлетворительная	Реинжиниринг процессов, полная перестройка цепи поставок, внедрение новых технологий, пересмотр стратегии. Возможен кризис в цепи поставок.

Список использованных источников

1 Чувинова В.В. Практикум по управлению цепями поставок. Учебно-методическое пособие. — М.: Директ – Медиа, 2014. - 60с.

STUDY OF THE EFFECT OF TIMELY CONTROL OF WHEEL INSTALLATION PARAMETERS ON VEHICLE OPERATION EFFICIENCY

Relevance. The control of wheel installation parameters is an important aspect of ensuring the safety and efficiency of vehicle operation. Installing a wheel includes many parameters that must be strictly followed to achieve optimal vehicle performance. The most important of these parameters are the angles of the wheels, such as camber, convergence and angle of rotation. Each of these angles affects the car's behavior on the road, its handling, tire wear, and other aspects important for safe operation.

The camber of the wheels is the angle formed by the vertical axis of the wheel and the plane passing through its centers. Proper camber helps ensure uniform tire wear and stable vehicle behavior on the road. If the camber is installed incorrectly, this can lead to uneven tire wear, poor traction, and, as a result, reduced safety. For example, if the camber is too positive, the outer edges of the tires will wear out faster, which may lead to the need for premature replacement. At the same time, too much negative camber can worsen the grip of the wheels on the road, especially in turns, which also reduces the safety of operation.

Timely monitoring of the wheel installation parameters helps to prevent many problems that may arise during the operation of the vehicle. For example, improper wheel installation can lead to uneven tire wear, which in turn requires more frequent replacement and increases maintenance costs. In addition, the mismatch of the wheel angles can negatively affect the handling of the car, increasing the risk of accidents. It is important to note that even small deviations from normal values can have a significant impact on the behavior of the car on the road. For example, an incorrect convergence can cause the car to pull sideways, which requires the driver to constantly adjust the steering wheel and increases the load on the control system [1].

Purpose of the study. To study the impact of timely monitoring of wheel installation parameters on the efficiency of vehicle operation, identify the main problems and develop recommendations for their prevention.

Research results. The study identified several important issues that have a significant impact on the safety and operational efficiency of vehicles.

Timely monitoring of the wheel installation parameters helps to prevent many problems that may arise during the operation of the vehicle. For example, improper wheel installation can lead to uneven tire wear, which in turn requires more frequent replacement and increases maintenance costs. In addition, the

mismatch of the wheel angles can negatively affect the handling of the car, increasing the risk of accidents. It is important to note that even small deviations from normal values can have a significant impact on the behavior of the car on the road. For example, an incorrect convergence can cause the car to pull sideways, which requires the driver to constantly adjust the steering wheel and increases the load on the control system.

Modern technologies offer more advanced control methods, such as computer diagnostics and the use of 3D scanners. These methods allow you to obtain the most accurate data on the wheel installation parameters and minimize the likelihood of human error. Computer systems can automatically analyze data and make recommendations for parameter adjustments, which greatly simplifies the monitoring process and increases its efficiency [2].

The methods for monitoring wheel installation parameters can be divided into several categories, including visual inspection, mechanical measurements, and the use of specialized equipment. Visual inspection can be the first stage of control, which allows you to quickly assess the condition of the wheels and suspension. However, more accurate measurements require the use of specialized tools. Mechanical measurements may include the use of vernier calipers, an angle gauge, and other measuring tools that allow you to determine the wheel installation angles with high accuracy[3].

The impact of timely monitoring of wheel installation parameters on the efficiency of vehicle operation cannot be overestimated. Proper installation of the wheels contributes not only to safety, but also to fuel economy. Incorrect installation angles can lead to increased rolling resistance, which in turn increases fuel consumption. In addition, uneven tire wear may require more frequent replacement, which also leads to additional costs. Thus, regular monitoring of wheel installation parameters is an important element not only to ensure safety, but also to reduce operating costs [4].

Conclusion. In conclusion, the control of wheel installation parameters is an important aspect that requires a careful and systematic approach. A variety of control methods, from simple visual inspections to complex computer systems, allows for high measurement accuracy and timely identification of possible problems. This, in turn, contributes to increased safety, improved handling, and reduced vehicle operating costs.

Literature:

- 1.Ministry of internal affairs of the Republic of Kazakhstan. Statistics on road accidents in 2023. Nur-Sultan, 2023. <https://www.gov.kz/memleket/entities/mvd>
- 2.Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan. Rules for the technical operation of road transport. Nur-Sultan, 2022. <https://beta.egov.kz/memleket/entities/roads>
3. St RK 1418-2018.standards for adjusting the wheel geometry of vehicles. Committee for technical regulation of the Republic of Kazakhstan, 2018. <https://gamma.app/docs/-ji13avbqhowrfzt>
4. JSC NC "Kazavtozhol". Problems of road safety and car operation in Kazakhstan. Almaty, 2023. <https://kz.qaj.kz/?ysclid=m87iyofn1h758507451>

FORMALIZATION OF UNCERTAINTIES IN THE MONITORING SYSTEM
OF ENTERPRISE WAGON FLEET OPERATIONS

The primary objective of monitoring the efficiency of wagon fleet operations within industrial enterprises is to ensure the attainment of key performance indicators (such as operational readiness and wagon productivity), which are critical for enabling transport and technological processes that support core production activities.

The necessity to develop new approaches to monitoring wagon fleet operations is driven by the potential for extreme fluctuations in enterprise performance during various phases of the economic cycle, including recession, depression, crisis, and recovery [1].

The demand for monitoring the performance of transport systems in industrial enterprises is largely attributable to the extensive spatial layout of such facilities, the high density of internal transport communications, and the strong interdependence between the operational rhythm of industrial transport and that of production units.

As an illustrative example, this study considers the influence of the economic efficiency of an industrial enterprise on the quantitative composition of its operational wagon fleet.

Previous research [2] suggests the existence of a correlation between indicators that reflect production volume and the condition of the active wagon fleet, which is commonly assessed using a readiness coefficient.

In addressing the problem identified in this study, it is assumed that the existence of a discrepancy between the upper and lower bounds of interaction levels arises from the lack of complete and reliable information regarding the technical condition of industrial wagons. Such limitations may result from the high cost of certain diagnostic procedures, the unavailability of specialized equipment, or the absence of qualified personnel. Consequently, this contributes to uncertainty not only in the operation of the wagon depot but also within the broader industrial transport system.

To address the challenge of monitoring under conditions of uncertainty in the operation of an industrial transport system, it is essential to develop adequate models that describe the interrelationships between input and output parameters influencing the operational efficiency of the wagon fleet, which serves as a fundamental component of the enterprise's logistics system. The logical model of the system under investigation is presented as follows. Let the property of interest - namely, the operational readiness of the fleet - be represented by an appropriate coefficient [3]:

$$k_z^{\Pi} = \frac{\xi \times [W_{cym}] [\tau] N}{\sum_{i=1}^n N_i W_{cym} \tau_i}, \quad (1)$$

where ξ – wagon fleet utilization coefficient ($0 < \xi \leq 1$);
 $[W_{cym}]$ – allowable daily productivity per wagon, in tons per day per wagon;
 $[\tau]$ – allowable inter-repair operation time, in days;
 N – total number of wagons in the enterprise's active fleet, units;
 N_i – number of wagons assigned to serve the i -th operational area, units;
 n – maximum number of operational areas served, units.

This property is represented by a vector $K = (k_1, \dots, k_m)$, where the index m denotes the size of the sample for the parameter of interest. The vector $y_i = (\xi, W_{sut}, \tau, N, n)$ represents a set of diagnostic parameters, where i is the ordinal number of the diagnostic parameter. Let the relationship between K and y be defined by a distribution matrix $q(k_m, y_i) = q_i$, where k_m is the diagnosed attribute, and y is the set of diagnostic parameters.

Each i -th diagnostic attribute can take one of s_i possible values. Among them, $s_i - 2$ values correspond to the normal operational range of the attribute, while the remaining two are introduced to formalize cases of uncertainty in the input data (for instance, N and N_i in formula (1) are indicators reflecting the economic condition of the industrial enterprise, characterized by its production output).

Several types of uncertainty, typical for the transport system of an industrial enterprise, can be identified.

Internal uncertainty, or the so-called informational null Θ , denotes the absence of information about the wagon fleet of the industrial enterprise. Although such information may be theoretically available, it remains uncollected for various reasons (e.g., inadequate technical equipment in certain areas of the enterprise). The informational null in a variable's value may implicitly contain any of the s_i valid values of the attribute y_i .

When performing operations involving an informational null, one must apply the principle of logical invariance. That is, if a given i -th argument of a function takes the value Θ , then the function should be evaluated over the full set of valid values s_i sequentially, and the result should be analyzed.

If the function's output remains unchanged across all substitutions, the uncertainty is considered absorbed. Otherwise, the function output assumes the value of the informational null. Binary operations involving informational nulls can also be derived using the principle of logical invariance.

External uncertainty, or fatal null γ , implies a syntactic or semantic error. The occurrence of a fatal null in a logical process indicates that the resulting value lies outside the defined set of valid informative values. This can result from measurement errors, processing inaccuracies in the evaluation of wagon

components, or failures in remote data transmission regarding wagon conditions. Another cause of external uncertainty may be the increasing implementation of novel composite materials in wagon manufacturing, which may lead to deviations from standard value ranges used to assess wagon operability. The absence of such new cases in the database leads to uncertainty in decision-making. That is, the presence of a fatal error in the input of a target function inevitably causes the function to assume the value γ , i.e., $f(k_1, k_2, \dots, k_n, \gamma) = \gamma$.

The selected approach to formalizing the uncertainty of observed features enables a precise representation of various practical scenarios encountered in the transport systems of industrial enterprises.

References list

1. Khara, M. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas [Electronic resource] / M. Khara, A. Lyamzin // Технологический аудит и резервы производства = Технологічний аудит та резерви виробництва = Technology audit and production reserves. – 2019. – Т. 4, N 3 (48). – С. 12–19. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2019_4%283%29_4
2. Khara, M. Optimization of the wagon depot inventory management system / M. Khara, I. Nikolaienko // VI International Conference on Sustainable Transport System and Maritime Logistics. Batumi Navigation Teaching University, 2022. – P.157–159. DOI: https://bntu.edu.ge/files/BADRI%20GECHBAIA/Proccedings_A5_ISTSML_2022.pdf
3. Дзюба Л.Ф. Надійність технічних систем і техногенний ризик : навчальний посібник / Л. Ф. Дзюба, М. І. Кусій, О. В. Меньшикова. – Львів: Вид-цтво ЛДУ БЖД, 2017. - 192 с.

ӘОЖ 629.3 Кадыров А.С. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)
Варгула Л. (Познань, Познань технологиялық университеті)
Дюсенбаев Е.Ш. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

ДИЗЕЛЬДІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ МОДУЛЬДІК УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ БӘСЕНДЕТКІШІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Дизельдік газдар - бұл дизельді іштен жану қозғалтқышы шығаратын газ тәрізді пайдаланылған газдар, сонымен қатар оның құрамындағы кез келген бөлшектер. Оның құрамы жанармай түріне немесе тұтыну жылдамдығына немесе қозғалтқыштың жұмыс жылдамдығына (мысалы, бос жүріс кезінде, жылдамдықта немесе жүктемеде) және қозғалтқыштың жол көлігінде, ауылшаруашылық машиналарында, локомотив, теңіз кемесі, стационарлық генератор немесе басқа да қолданбаларға байланысты өзгеріп отырады.

Заманауи бәсендеткіштердегі улы шығарындылы пайдаланылған газдарды тазарту және бейтараптандыру жүйелерін орнату арқылы азайтылады.

Қозғалтқыштың қуаты мен үнемділігі, пайдаланылған газдардағы улы элементтердің мөлшері бәсендеткіштің тиімділігіне байланысты.

Газдарды шығару жүйесі көлік жүйелерін ең маңыздысы болып табылады, ол қозғалтқыштан жанып шыққан газдарды атмосфераға жібереді.

Уақыт өте келе, бұл элемент айтарлықтай жетілдірілді және қазір негізгі міндеттен басқа, сору жүйесі сонымен қатар сорғыштарды белгіленген стандарттарға сәйкес түрлендіреді, сонымен қатар дыбыс деңгейін төмендетуге немесе керісінше арттыруға мүмкіндік береді. Барлық бөлшектердің жұмыс істеуі және олардың мақсатын мүмкіндігінше тиімді орындау үшін ақауларды уақытында анықтап, жою қажет, өйткені шығару жүйесінің әрбір құрамдас бөлігінің дұрыс жұмыс істеуі қызмет көрсету сапасы мен уақтылығына тікелей байланысты.

Технологияның қазіргі даму деңгейінде пайдаланылған газдың уыттылығын төмендетудің ең тиімді әдісі тотығу және (немесе) тотықсыздану химиялық реакцияларын қолдана отырып, пайдаланылған газдардың улы компоненттерін бейтараптандыру болып табылады. Осы мақсатта қозғалтқыштың шығыс жүйесіне арнайы термиялық реактор (каталитикалық түрлендіргіш) орнатылады. Зиянды заттардың шығарындыларына экологиялық талаптардың үнемі артуы өндірушілерді бейтараптандыру жүйелерін жетілдіруге мәжбүр етеді.

Пайдаланылған газдың уыттылығын төмендету үшін МТЗ-80 тракторын қолдана отырып зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Зерттеудің негізі вертикальды ультрадыбыстық бәсендеткіш стендін жасау болды. Стенд пластиктен жасалған, бұл жоғары температуралар мен

шығарылған газдардың агрессивті компоненттеріне төзімділікті қамтамасыз етеді. Стендтің құрылымы цилиндр пішінінде болды, бұл бірнеше деңгейде ультрадыбыстық сәулелендіргіштерді орналастыруға мүмкіндік берді.

Негізгі функционалдық элемент — ультрадыбыстық сәулелендіргіштер, олар стендтің вертикальді осіне бойлай орналастырылған. Жалпы алғанда, стендте 6 ультрадыбыстық сәулелендіргіш орналасқан. Мұндай орналасу шығатын газдың бірнеше өңдеу аймақтары арқылы өтуін қамтамасыз етеді, оларды сәулелендіргіштер жасайды. Әрбір аймақ бөлшектердің коагуляциясын күшейтеді, бұл олардың газдың үстінен төмен қарай қозғалған кезде тұндыру тиімділігін арттырады. Сәулелендіргіштердің мұндай орналасуы олардың қуатын әр сәулелендіргіштің биіктігіне, ағынның жылдамдығына немесе газдың температурасын ескере отырып реттеуге мүмкіндік береді. Мысалы, жоғарғы сәулелендіргіштер газды өңдеу үшін максималды қуатпен жұмыс істей алады, ал төменгі сәулелендіргіштер газды қосымша өңдеу үшін төмен қуатпен жұмыс істей алады.

Құрылымның негізінде түскен бөлшектерді жинау үшін алынбалы табақша қарастырылған, бұл құрылғыны тазалау процесін жеңілдетті. Стендтің кіріс және шығыс патрубклары фланецті қосылыстармен жабдықталған, олар жүйенің тығыздығын қамтамасыз етіп, дизельді қозғалтқыштардың әртүрлі шығару жүйелерімен ыңғайлы біріктіруге мүмкіндік береді.

Жасалған вертикальді ультрадыбыстық бәсендеткіш стенді бірқатар эксперименттік тәжірибелер өткізуге мүмкіндік берді, олардың мақсаты — сәулелендіргіштердің қуаты, олардың арасындағы қашықтық және қозғалтқыштың жұмыс режимі әсерінен шығатын газдардың түтіндеу көрсеткіштерін төмендету деңгейін зерттеу.

Эксперименттік зерттеулер жобаланған стендте келесі түрде жүргізілді. Эксперимент әдістемесі ультрадыбыстық әсердің дизельді қозғалтқыштың шығарындыларындағы түтін деңгейіне әсерін әртүрлі жұмыс режимдерінде бағалауға негізделді.

Ол үшін ультрадыбыстық әсерді қолданбай және оны қолдану арқылы түтін деңгейін салыстырмалы түрде өлшеу жүргізілді, ультрадыбысты сәулешығарғыштарды қосу комбинациялары мен қозғалтқыштың ротация санын өзгерту ескерілді.

Эксперименттер екі кезеңде жүргізілді:

- Бірінші кезең — ультрадыбысты сәулешығарғыштардың әсерінсіз шығарындылардағы түтін деңгейінің бастапқы мәндерін анықтау, бұл ластаушы заттардың шығарындыларының бастапқы деңгейін тіркеуге мүмкіндік берді.

- Екінші кезең — ультрадыбысты сәулешығарғыштарды қосып, олардың конфигурацияларын және қосылу тәртібін өзгерту арқылы ең тиімді жұмыс режимін анықтау үшін өлшеулер жүргізілді.

Ультрадыбыстың газға әсері дыбысты бәсендеткіш корпусының ішіне ультрадыбыстық сәуле шығарғыштарды орнату арқылы, оларды әртүрлі комбинацияларда кездейсоқ қосу мүмкіндігімен жүзеге асырылды. Бұл белсенді сәулешығарғыштардың саны және олардың салыстырмалы орналасуы күйе бөлшектерінің коагуляция және тұндыру дәрежесіне қалай әсер ететінін зерттеуге мүмкіндік берді.

Ультрадыбыстық сәулешығарғыштардың жиілігі мен қуаты берілген болды:

Эксперименттік зерттеулер «МТЗ-80» тракторының дизельді қозғалтқышында жүргізілді. Бұл қозғалтқыш ауыл шаруашылығы техникаларында кеңінен қолданылатын болғандықтан, оның шығарындыларын азайту мәселесі өзекті болып табылады.



Сурет 1 –МТЗ-80 тракторына дизельді қозғалтқыштың ультрадыбыстық бәсендеткішін қосу

Түтін көрсеткіштерін тіркеу үшін «Инфракар» газ анализаторы пайдаланылды, бұл пайдаланылған газдардағы ластаушы заттардың деңгейін дәл жазуға мүмкіндік берді. Өлшемдер нақты уақыт режимінде қозғалтқыштың әртүрлі жұмыс режимдерінде (1000, 1500 және 2000 айн/мин) жүргізілді, бұл ультрадыбыстық әсердің әсерін объективті бағалауды қамтамасыз етті.

1. Кораблев Р.А., Белокуров В.П., Зеликов В.А., Лихачев Д.В., Разгоняева В.В., Бойко Н.И. Экологическая безопасность автотранспорта. – Воронеж, 2011. – 3 с.

2. Патент РК №3194. Устройство для ультразвуковой очистки выхлопных газов / М.К. Ибатов, А.С. Кадыров, О.Т. Балабаев, Б.Ш. Аскаров, И.А. Пак; заявл. 20.12.2017; опубл. 02.10.2018 г.

3. Устройство для ультразвуковой очистки выхлопных газов / М.К. Ибатов, А.С. Кадыров, О.Т. Балабаев, Б.Ш. Аскаров, И.А. Пак. Пат. 3194 РК; заявл. 20.12.2017; опубл. 02.10.2018

4. . Радж Балдев, Раджендран В., Паланичами П. Применения ультразвука. М: Техносфера, 2006. 576 с.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФАКТОРЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КОМПАНИИ

Конкуренция на предприятиях транспортного комплекса сегодня, выступает в роли движущей силы, заставляя менеджмент регулярно выполнять поиск новых направлений деятельности.

На сегодняшний момент из всего многообразия методов и факторов необходимо выбрать четкий алгоритм управления конкурентоспособности компании, так как каждое предприятие индивидуально по специфике своим масштабам и деятельности [1].

Проблема оценки компании на рынке транспортных услуг актуальна сегодня. Изменения рынка предполагает появление новых цифровых технологий, инструментов, подходов и методов для получения оценки конкурентности компании.

Факторы, влияющие на конкурентоспособность транспортных компаний [2]:

1. Стратегическое планирование - ключевой фактор, влияющий на эффективность деятельности компании.

2. Контроль производства - это управленческий фактор, обеспечивает эффективное выполнение производственного процесса компании, за определенный период времени, с учетом рисков и возникших узких мест.

3. Материально-техническая база - фактор снабжения компании техническими средствами управления, применения новых технологий, что снижает себестоимость перевозки, сокращает сроки выполнения работ и повышает качество предоставляемых услуг.

4. Занимаемая доля на рынке - показатель конкурентной позиции компании, показывает какое количество продукции (услуг) занимает компания на рынке.

5. Применение цифровых технологий в отрасль - степень и характеристика уровня применения цифровых технологий, автоматизированных систем и программное обеспечение в частности в транспортной отрасли

6. Кадровый потенциал -

При повышении конкурентоспособности большое значение имеют доказательства решений в управлении компанией. Так, большое внимание уделяется анализу ситуаций с учетом представленных альтернативных вариантов и разработкой системы результатов контроля [3].

При внедрении цифровые технологии в транспортную компанию, меняются все используемые ранее инструменты, цели и деятельность компании увеличивает работу.

Выбор цели управления конкурентоспособностью компанией можно применить алгоритм управления рисунок 1 [3].



Рисунок 1 - Алгоритм управления конкурентоспособностью организации, актуализированный по стадиям цифровизации [3]

Представленный алгоритм управления конкурентоспособности компании осуществляется при внедрении цифровых технологий с учетом особенностью деятельностью компании.

Один из перечисленных факторов удовлетворяет клиентов и предполагает:

- соответствия продуктов требованиям клиентов по ключевым свойствам;

- лидировать в крупных сегментах рынка грузовых перевозок;

- быстро адаптировать услуги к изменениям условий внешней среды.

С помощью фактора применение цифровизации в отрасли, повышается конкурентоспособность и достигаются поставленные цели:

- развиваются транспортно-логистические системы в едином пространстве;

- применяет искусственный интеллект и адаптируется на рынке грузовых перевозок;

- современные транспортные средства развивают новую транспортную инфраструктуру;

- повышается режим работы зарубежных партнеров;

- повышение качества предоставляемых услуг, с использованием цифровых технологий при тарификации грузов.

Предложенный алгоритм управления конкурентоспособностью компании, базируется на преимуществах цифровых технологий, состоит из: применении теоретических подходов к функционированию компании и в методическом обеспечении выработки направлений повышения конкурентоспособности, что позволяет формировать новые конкурентные преимущества в условиях изменения внешней среды [3].

Список использованных источников

1. Лайчук О. В., Болдырева К. А. Алгоритм оценки конкурентоспособности транспортного предприятия // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. № 8. Т. 1. С. 11 - 19; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.08.01.002>

2. Дементьева А.В. Конкурентоспособность международных компаний // Маркетинг. - 2000. - №3. Васильева Н.А., Матеуш Т.А., Миронов М.Г. Экономика предприятия: Конспект лекций. - М.: Юрайт, 2011. - С. 192

3. Терешина Н.П., Дундуа Р.Д. Конкурентоспособность и цифровые технологии: взаимосвязь, современные черты и особенности внедрения в железнодорожных компаниях TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA №5 - 2019 - С.39-41

4. Зотов А.В. Анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятия [Текст] / А.В. Зотов // Экономика, социология и право. 2017. - № 2. - С. 6-10

ҚАЗІРГІ УАҚЫТТАҒЫ ТЕМІРЖОЛДАР ЖАҒДАЙЫ

Қазақстан Республикасының теміржол жүйесі ішкі және халықаралық деңгейде жүктер мен жолаушыларды тасымалдауды қамтамасыз ете отырып, елдің көлік инфрақұрылымының негізі болып табылады. Теміржолдардың ұзындығы шамамен 16 мың км құрайды және олар елдің негізгі экономикалық орталықтарын байланыстырады, сонымен қатар Еуропа мен Азия арасындағы транзиттік тасымалдарды қамтамасыз етеді. Жүк айналымының өсуі және халықаралық интеграция жағдайында теміржол көлігін дамыту мемлекеттік көлік саясатының басымдығына айналады.

Теміржол инфрақұрылымының жағдайы үлкен алаңдаушылық туғызады. Көлік министрлігінің мәліметі бойынша, жолдардың шамамен 50% күрделі жөндеуді немесе қайта құруды қажет етеді. Рельстер мен шпалдардың едәуір бөлігі тозған, бұл пойыздардың жүру жылдамдығының төмендеуіне, техникалық қызмет көрсету шығындарының артуына және апаттар қаупінің жоғарылауына әкеледі. Жүк айналымы көлемінің ұлғаюы ішкі су көлігінде – 54,5%, теңіз көлігінде – 23,4% байқалды. Құбыр көлігінің жүк айналымының өсуі 3,6%-ды құрады.

Жүк айналымын әкелу 10,3%-ға артты. Қазақстан шегіне әкелу бойынша жүк айналымы 2,3%-ға төмендеді (жүктерді тасымалдау көлемін 3%-ға азайту есебінен). Мұнай өнімдерін, көмірді, химиялық заттарды, құрылыс жүктерін, қара металл сынықтарын, тыңайтқыштарды, түсті металдарды, көмір коксын, цементті тасымалдау көлемі азайды.



Сурет – 1 "Қазақстан темір жолы "ҰК" АҚ жүк айналымындағы негізгі жүктердің үлесі

Нәтижесінде Қазақстан арқылы транзитпен келе жатқан жүк пойыздары 14%-ға ұлғайды. Жалпы тасымалдау көлемінің 10,5%-ға артқанын ескерсек, бұл таңқаларлық жәйт емес. Қырғызстаннан Беларусьға, Ресейге және Еуропа елдеріне көмір; Ресейден Өзбекстан мен Қытайға темір рудасын; Ресей мен Беларусьтен Орталық Азия елдеріне мұнай өнімдерін және т. б. тасымалдау арта түсті.

Транзиттік тасымалдардың ұлғаюының негізгі факторлары Қырғызстаннан Ресейге, Беларусьға және Еуропа елдеріне көмірдің жаңа жүк ағыны; Ресейде биржалық бағаның төмендеуіне байланысты Ресей мен Беларусьтен ОА елдеріне және Ауғанстанға мұнай өнімдерінің айтарлықтай өсуі; Ресейден Қырғызстанға астық тасымалының ұлғаюы; химиялық жүктерді тасымалдау логистикасының өзгеруі – поливинилхлорид пен каустикті Қытай Ресейге және ОА елдеріне жеткізудің өсуі болды.

Геосаяси себептерге байланысты өзгерген логистика тыңайтқыштарды (карбамид, калий хлориді, аммиак селитрасы) Өзбекстаннан Украинаға тасымалдау болмаған жағдайда, осы елден өндірушілер Латвия, Польша, Беларусь және басқа Еуропа елдерінен серіктестерге қайта назар аударды. Калий тыңайтқыштарын контейнерлерде Беларуссиядан Қытайға тасымалдау көбейді. «Қытай-Ресей-Қытай» бағыты бойынша контейнерлік тасымалдардың артуы күрт өсті.

Сондай-ақ, автоматтандырылған қозғалысты басқару жүйелерін қоса алғанда, қазіргі заманғы Жол шаруашылығы жеткіліксіз дамыған. Көптеген станциялар қайта құру мен жаңартуды қажет етеді, әсіресе халықаралық транзит жағдайында.

Жылжымалы құрамның жағдайы да проблемалық буын болып табылады: вагондар мен локомотивтердің орташа жасы 20 жастан асады. Бұл тасымалдаудың тиімділігіне, олардың қауіпсіздігіне және басқа көлік түрлерімен салыстырғанда бәсекеге қабілеттілігіне әсер етеді. General Electric және Alstom компанияларының жаңа локомотив модельдерін енгізгеніне қарамастан, жаңарту қарқыны жеткіліксіз болып қала береді.

Жүк вагондарының көп бөлігі моральдық тұрғыдан ескірген, ал мамандандырылған жылжымалы құрамның жетіспеушілігі (мысалы, химия цистерналары, контейнер платформалары) логистикалық мүмкіндіктерді шектейді.

2017 жылдан бастап "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасы шеңберінде теміржол саласында цифрлық шешімдерді енгізу жүзеге асырылуда. Электрондық құжат айналымы, нақты уақыттағы жүктерді қадағалау жүйелері, Автоматтандырылған логистикалық платформалар енгізілді.

"Қазақстан Темір Жолы" АҚ жүк тасымалын толық цифрландыруға бағытталған e-Freight жобасын белсенді дамытуда. Сондай-ақ инфрақұрылымға техникалық қызмет көрсету үшін болжамды талдау технологиялары енгізілуде.

Дегенмен, цифрландыру негізінен орталық хабтар мен ірі маршруттарды қамтиды, ал аймақтық инфрақұрылым әлі де артта қалды.

4. Перспективалар және мемлекеттік бастамалар

Теміржол секторын жаңғырту мақсатында бағдарламалар әзірленіп, іске асырылуда:

- Көлік саласын дамытудың 2030 жылға дейінгі мемлекеттік бағдарламасы;

- "Батыс Қытай-Батыс Еуропа" транзиттік дәлізін жаңғырту бағдарламасы;

- Ақтау және Құрық теңіз порттары арқылы мультимодальды тасымалдарды дамыту.

Қазақстан сондай — ақ халықаралық көлік жобаларына белсенді қатысады-мысалы, Қазақстан, Каспий теңізі және Кавказ арқылы Қытайды Еуропамен байланыстыратын Транскаспий халықаралық көлік бағыты (ТМТМ).

Қазақстанның теміржол жүйесі ішкі және халықаралық маңызы бар зор әлеуетке ие. Алайда, осы әлеуетті іске асыру үшін инфрақұрылымды жаңғырту, жылжымалы құрамды жаңарту, цифрлық технологияларды енгізу және логистикалық шешімдерді дамыту бойынша жүйелі шаралар қажет. Сапалы өзгеріссіз Қазақстан Еуразиялық кеңістіктегі негізгі транзиттік тораптың мәртебесін жоғалту қаупі бар.

Теміржолдарды дамыту оның орнықты дамуға, көлік шығындарын төмендетуге және елдің экспорттық-импорттық әлеуетін кеңейтуге қосқан үлесін ескере отырып, ұлттық экономикалық саясаттың басымдығы болуға тиіс.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Қазақстан Республикасы Көлік министрлігі. Теміржол инфрақұрылымының жай-күйі туралы есеп. - Нұр-сұлтан: ҚР Көлік министрлігі, 2023. - 72 б.

2. "Қазақстан Темір Жолы" АҚ. 2023 жылғы жылдық есеп. - Нұр-сұлтан: ҚТЖ, 2024. - 98 б.

3. 2018-2025 жылдарға арналған "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасы [Электрондық ресурс]. - Қол жеткізу режимі: <https://digitalkz.kz>

4. Смағұлов Н. К. Қазақстанның көлік жүйесі: қазіргі жағдайы мен болашағы // ҚазҰТУ хабаршысы. – 2023. – №4 (134). – Б. 15-22.

5. World Bank Group. Kazakhstan Rail Sector Review: Improving Railway Efficiency. – Washington D.C.: World Bank, 2021. – 54 p.

6. Сеитов Б.Т., Абдрахманова Г. К. Қазақстанның теміржол саласын жаңғырту // халықаралық көлік журналы. – 2024. – №3. - Б. 45-50.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ГРАФИК УАҚЫТЫН ҚЫСҚАРТУ ЕСЕБІНЕН ЖОМАРТ СТАНЦИЯСЫНДА КІРМЕ ЖОЛ ЖҰМЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Қазақстан темір жолы- елдің экономикалық және әлеуметтік дамуындағы маңызды инфрақұрылым болып табылады. Темір жол көлігі жолаушылар мен жүктерді ұзақ және қысқа қашықтыққа қауіпсіз, сенімді және үнемді тасымалдауды қамтамасыз етеді. Жұмыстың негізгі мақсаты – Жомарт станциясының техникалық жағдайын және жұмыс тиімділігін талдау арқылы тасымалдау сапасын арттыру жолдарын қарастыру, сонымен қатар жаңа технологияларды енгізу арқылы тиімділікті жоғарылату.

Жомарт станциясы үшінші сыныпты жүк станциясы болып табылады. Ол «Сарыарқа-ENERGY» және «Жәйрем Темір Транс» ЖШС секілді кәсіпорындармен тікелей темір жол арқылы байланысқан. Станцияда жүк және жолаушылар пойыздарын қабылдау, жөнелту, маневрлік жұмыстар, вагондарға техникалық және коммерциялық қызмет көрсету, жүк құжаттарын рәсімдеу сияқты операциялар орындалады. Пойыз қозғалысы мен вагон айналымының тиімділігіне тікелей әсер ететін бағыттағалы бұрмалар, орталықтандырылған басқару жүйесі, радиобайланыс, жүк тиеу және түсіру фронттары станцияның заманауи талаптарға сай жабдықталғанын көрсетеді.

Станцияда тиімді пойыз құрамын қалыптастыру, жүктерді жедел тиеу және түсіру, вагон айналымын қысқарту арқылы жалпы тасымал үдерісін оңтайландыру көзделген. 2024 жылдың желтоқсанындағы пайдалану көрсеткіштері бойынша жоспарланған 2156 вагонның орнына нақты 2545 вагон тиеліп, жоспар 118%-ға орындалған. Бұл вагон айналымының 2023 жылмен салыстырғанда 26%-ға артқанын көрсетеді. Жүк түсіру бойынша жоспарланған 93 вагонның орнына 199 вагон түсіріліп, жоспар 213%-ға орындалды. Бұл көрсеткіш темір жол көлігінің тиімділігін, станция жұмысының үйлесімділігін білдіреді.

Осы негізгі мақсаты – вагондардың инвентарлық нөмірлерін тану процесін автоматтандыру арқылы жұмыс өнімділігін арттыру, құжат айналымын оңтайландыру және бос тұру уақытын қысқарту. Бұл жаңашылдықтың маңыздылығы – жүк пойыздарын қабылдау, жөнелту, тіркеу және есепке алу жұмыстарын жылдамдату арқылы тасымалдау тиімділігін арттыру.

Жайрем станциясы – өнеркәсіптік маңызды аймақта орналасқан, жүк айналымы жоғары теміржол тораптарының бірі. Соңғы үш жылдағы жүк айналым көрсеткіштерін сараласақ, жыл сайын вагон саны мен тасымал көлемі тұрақты өсіп келеді. 2022 жылы 7636 вагон кен тасымалданса, 2024

жылы бұл көрсеткіш 9010 вагонға дейін артқан. Осындай жүктеме жағдайында дәстүрлі басқару тәсілдері станция жұмысының тиімділігіне кері әсерін тигізеді.

Жүк пойыздарына қызмет көрсету процесі – көп еңбекті, уақытты қажет ететін және адами факторға тәуелді үдеріс. Осы мәселелерді шешу мақсатында Жайрем станциясына Вагондардың инвентарлық нөмірлерін бақылаудың автоматтандырылған жүйесін (АСКИН) енгізу ұсынылды. Бұл жүйе пойыз құрамындағы әрбір вагонның нөмірін автоматты түрде таниды, бейнеархив жасайды және мәліметтерді автоматтандырылған басқару жүйесіне жібереді.

АСКИН жүйесі бейнекамералар, жарықтандыру құрылғылары, тану серверлері және бейнесерверлерден тұратын кешенді жүйе. Ол пойыз құрамындағы әрбір вагонның нөмірін автоматты түрде таниды, тіркейді және мәліметтер базасына жібереді. Бұл қызметкерлердің жұмысын жеңілдетіп, адами фактордың әсерін азайтады.

АСКИН жүйесі телекамералар мен арнайы сенсорлар арқылы жұмыс істейді. Пойыз жолдан өткенде бейнелер түсіріледі, тану серверінде өңделіп, вагон нөмірлері анықталады. Бұл мәліметтер автоматты түрде натур парағымен салыстырылады. Жүйе инвентарлық нөмірлерді 99% дәлдікпен анықтай алады, ал бейнеконтроль, жарықтандыру, ақпаратты беру жүйелері толық автоматтандырылған.

АСКИН жүйесі енгізілгеннен кейін коммерциялық тексеру уақыты 37 минуттан 19 минутқа дейін қысқарған. Бұл станцияның өткізу қабілетін арттырып, пойыздардың кешікпей жөнелтілуін қамтамасыз етеді. Жүйе жоғары дәлдікпен жұмыс істейді (99%), құрам жылдамдығы 60 км/сағ дейінгі пойыздарда сәтті қолданылады және сыртқы температура мен ылғалдылыққа төзімді. Осының нәтижесінде станцияның өндірістік және экономикалық тиімділігі артады.

Станцияда құрама пойыздармен жұмыс істеу барысында техникалық тексеру, локомотивті ауыстыру, құжаттарды рәсімдеу, автотежеуішті тексеру сияқты бірқатар операциялар жүзеге асады. Бұл процестердің барлығы белгілі бір уақыт алады және оның ұзақтығы АСКИН жүйесі енгізілгенге дейін – 54 минут болса, енгізілгеннен кейін 36 минутты құрайды. Жүйе арқылы уақыттың үнемделуі пойыздардың қабылдану және жөнелтілу жылдамдығын арттырып, жалпы логистикалық тізбектің өнімділігін жоғарылатады.





Сурет 1 – АСКИН құрылымы

Станцияда жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында еңбек қауіпсіздігі ережелеріне баса назар аударылған. Әрбір жұмыс орны қауіпсіздік стандарттарына сай ұйымдастырылған. Адам факторынан туындайтын қауіптерді азайту мақсатында құрал-жабдықтардың жарамдылығы үнемі тексеріледі. Қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықтар мен көрнекі құралдар жұмысшыларға ұсынылған.

Темір жол көлігінің қоршаған ортаға әсері бар, бірақ ол басқа көлік түрлеріне қарағанда аз зиян келтіреді. Жұмыста экологиялық қауіпсіздік шаралары да қарастырылды. Атап айтқанда, жасыл желектер отырғызу, биологиялық әжетханалар қолдану, экологиялық таза жанармайлар пайдалану секілді әдістер ұсынылған. Бұл станцияны тұрақты дамуға бағыттайды.

АСКИН жүйесінің енгізілуі – бұл Жомарт станциясы үшін сапалы қадам. Вагон нөмірлерін автоматты тану арқылы станция жұмысы жеделдейді, құжаттармен жұмыс жеңілдейді, адами қатер төмендейді. Экономикалық тиімділігі дәлелденген жүйе өндірістік процестерді оңтайландырып қана қоймай, станцияның жалпы жұмысын жаңа деңгейге көтереді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Жомарт станциясының техникалық үдерісі, 2021 жыл.
2. Р.Р. Хайбуллин, А.Т. Умбетжанова, А.Р. Кенжекеева / Тасымалдауды ұйымдастырудағы инновациялық технологиялар: Оқу құралы. / Қарағанды: Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ баспасы, 2 б.
3. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2252170.html>

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРИБЫЛЬНОСТИ ТОО «ВИРАЖ-СЕРВИС КАЗАХСТАН»: АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

ТОО «Виразж-Сервис Казахстан» является одним из крупнейших автомобильных операторов на рынке Казахстана осуществляющим свою деятельность более 25 лет. Основной профиль ТОО «Виразж-Сервис Казахстан» - гарантийное обслуживание автомобилей ГАЗ. Кроме этого компания занимается поставками и гарантийным обслуживанием автобусов, спец. транспорта, реализацией запасных частей, текущим и капитальным ремонтом автомобилей ГАЗ, УАЗ, ВАЗ и автобусов ПАЗ, имеет дилерскую сеть автоцентров по всей Республике, логистический центр по хранению и распределению запасных частей, таможенно-лицензионные склады, лизинговую и логистическую компанию.

Сеть филиалов компании имеет развитую инфраструктуру, торговые площади, склады, офисные помещения и др. Также компания запустило производство на заводах Daewoo и «СемАЗ» в Семее и индустриально-технологический парк КАИК в Кокшетау.

Как показывает мировая практика, коммерческий транспорт приобретает в основном в лизинг. Компания ТОО «Виразж-Сервис Казахстан» имеет свою лизинговую компанию «КомТрансЛизинг», что позволяет существенно сэкономить силы и время покупателя.

С 2022 года компания активно работает по привлечению международного финансирования.

Целью компании ТОО «Виразж-Сервис Казахстан», как и любой коммерческой организации является получение прибыли от собственной производственной деятельности.

Согласно сравнительного анализа бухгалтерского баланса компании ТОО «Виразж-Сервис Казахстан» за 2023- 2024 гг:

- активы компании увеличились в 2024 г по отношению к 2023 г на 5,17%;
- основные средства увеличились на 3,57%;
- долгосрочные финансовые вложения выросли на 20,39 %;
- увеличились запасы предприятия на 4,71%;
- увеличилась дебиторская задолженность на 2,20 %;
- соотношение собственного и заемного капитала предприятия составило 44,99 % собственного капитала к 55,01% заемного капитала;

- соотношение внеоборотных активов к оборотным активам предприятия составляет 43,02% внеоборотных активов к 56,98% оборотных активов.

При этом, баланс компании не полностью ликвидный, так как краткосрочных активов в компании меньше, чем краткосрочных пассивов.

Коэффициент абсолютной ликвидности предприятия 0,08 за весь анализируемый период, что значительно ниже нормы (0,2-0,5).

Коэффициент автономии компании должен составлять 0,5. У компании этот коэффициент составляет 0,48 в 2023 году и 0,45 в 2024, т.е. имеет тенденцию к снижению.

Таким образом, можно сделать вывод, что компания демонстрирует низкий уровень почти по всем показателям финансовой устойчивости. Необходимо обратить внимание на превышение заемных средств над собственными и снижение обеспеченности собственными оборотными средствами.

Можно разработать основные направления по увеличению прибыли предприятия ТОО «Вираз-Сервис Казахстан» с учетом проведенного анализа.

1. Увеличение доходов предприятия за счет оптимизации ассортиментных групп продукции. В компании не ведется тщательный анализ наиболее продаваемых и наименее продаваемых групп товаров, что приводит к накоплению запасов, так как непродаемые группы продукции просто лежат на складе.
2. Снижение себестоимости закупок путем тщательного анализа поставщиков и проведения «рейтинга поставщиков».
3. Увеличение прибыли предприятия путем увеличения количества при помощи грамотной и эффективной рекламной компании продукции предприятия в сети Интернет.

Предлагается три мероприятия для увеличения прибыли в долгосрочной перспективе.

1. Оптимизация ассортиментных групп предприятия при помощи применения ABC – анализа ассортимента.

В рамках данного мероприятия предлагается проведение постоянного анализа ассортимента продукции при помощи ABC-анализа (анализ рынка, выявление продаваемых и непродаемых групп продукции при помощи ABC-анализа, закупка продаваемых групп продукции, снижение запасов и закупок непродаемых групп продукции). В данном случае надо либо полностью отказаться от групп товаров, продажи по которым низкие за отчетный период, либо оптимизировать ассортимент таким образом, чтобы данная продукция продавалась. Согласно проведенному ABC-анализу компании следует сделать акцент на закупке продукции группы А, а именно: шин и дисков, аккумуляторов, кузовных запасных частей.

2. Снижение себестоимости продукции (при закупке) при помощи метода «рейтинга поставщиков»

Речь идет о снижении издержек при оптовых закупках продукции посредством изменения самой системы закупок и применения «метода рейтинга поставщиков». В рамках этого мероприятия предлагается изменение процесса закупок продукции и внедрение мониторинга поставщиков, а именно: внедрение в процесс закупок этапов анализа, мониторинга и контроля за поставками продукции, внедрение в деятельность отдела закупок метода «рейтинга поставщиков» для выявления оптимальных цен закупки продукции. «Метод рейтинга поставщиков» позволит определить наиболее выгодных поставщиков для заключения договоров по поставкам. Это мероприятие позволит существенно снизить расходы при закупке автомобильных запчастей (снизить оптовые цены при закупке), что принесет предприятию дополнительную прибыль.

3. Повышение спроса на продукцию при помощи рекламной кампании.

Необходимо повышение потребительского спроса и увеличение количества покупателей предприятия для увеличения доходов. В рамках совершенствования рекламной деятельности и проведения рекламной кампании продукции предприятия предлагается: изменение рекламной деятельности предприятия, разработка и проведение рекламной кампании в сети Интернет с использованием современных информационных технологий (таргетированная реклама, реклама в социальных сетях, контекстная реклама, баннерная реклама).

На все предложенные мероприятия по увеличению прибыли компании потребуются затраты 3368,0 тыс.тг.

Прибыль от реализации увеличится на 73,38 % в плановом периоде. При этом чистая прибыль предприятия после реализации мероприятий увеличивается в плановом периоде на 77,53 %, что является довольно высоким показателем повышения прибыли для предприятия.

Предложенные мероприятия являются экономически эффективными и обоснованными и могут быть применены в практической деятельности предприятия.

Список использованных источников

1. Аркадьев, А. В., & Макарова, Л. В. Маркетинговые исследования: методология и практика. М.: Юрайт. 2018
2. Максимова, Е. Н. Маркетинг в Казахстане: особенности, тенденции и перспективы. Алматы: Қазақ университеті. 2020.
3. Минова, А. П. Маркетинговая деятельность в условиях современных вызовов: теория и практика. Алматы: Қазақ университеті. 2021
4. Брагин А.П. Управление рентабельностью предприятия: методы и инструменты. — М.: Юрайт, 2020.

ЛИТИЙ-ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

Литий негізіндегі материалдарды тұтыну соңғы жылда литий-ионды аккумуляторлардың құрамдас бөлігі ретінде литийге сұраныстың жақында өсуіне байланысты екі еседен астам өсті. Литий-ионды аккумуляторларды өндірудің негізгі материалы болып табылатын және литий қазіргі уақытта табиғи минералдар мен тұзды ерітінділерден алынады, бірақ бұл процестер күрделі және көп энергияны қажет етеді [1].

Бұл тезисте литий-ионды аккумуляторлардан литий қосылыстарын олардың жеке қадамдары мен әдістеріне сәйкес қайта өңдеу технологияларын қарастырады. Аталмыш қадамдар литийді алдын ала өңдеу және алу болып бөлінеді, соңғысы үш негізгі әдісі қарастырылады: пирометаллургия, гидрометаллургия және электрогидрометаллургия.

Пирометаллургия кобальт, никель және мыс сияқты бағалы металдарды алу үшін пеште литий-ионды аккумуляторларды күйдіруді қамтитын жоғары температурада өңдеу технологияларының жиынтығын сипаттайды (әдетте 1400°C дейін). Сондай-ақ, бұл технология шикі кен мен тау жыныстарынан металдарды алу тәсілі ретінде тау-кен өнеркәсібінен қайта құрылды. Батарея компоненттерін бұзу үшін қолданылатын жоғары температура термодинамикалық реакциялар негізінде қажетті металдарды бөлуге және алуға мүмкіндік береді. Дегенмен, пирометаллургиялық өңдеудің айтарлықтай кемшіліктері бар, өйткені ол энергияны қажет етеді, қазба отындарының көп мөлшерін тұтынады және адам денсаулығын нашарлататын және жаһандық жылынуға ықпал ететін қауіпті фтор мен көмірқышқыл газының айтарлықтай мөлшерін шығарады. Батареялардағы графит пен байланыстырғыштар қайта өңдеудің орнына жойылады, ал батарея металдары штейнге (Ni/Co/Cu/Fe) немесе қожға (Li/Mn/Ca/O) сұрыпталады. Литий мен марганецті қождан шығаратын тексерілмеген технологиялар бар, бірақ олар қымбат және оларды енгізу үшін одан да көп энергияны қажет етеді. Гидрометаллургия-бұл литий-ионды аккумуляторлардан металдарды шаймалау үшін қышқылдарды немесе басқа еріткіштерді қолдануды қамтитын химиялық өңдеу процесі. Металдарды сұйық ерітіндіде еріту арқылы оларды ерітіндіден бөлек бөліп алып, қайта пайдалану үшін алуға болады. Бұл химиялық реакциялар таза металдарды шығармайды, бірақ оның орнына әдетте әртүрлі металл тұздарын (мысалы, никель сульфаты) шығарады, олар аккумулятор өндірісінде пайдалану үшін қосымша өңдеуді қажет етуі мүмкін.

Гидрометаллургия пирометаллургиямен салыстырғанда энергияны аз тұтынумен мақтана алады, өкінішке орай, ол химиялық реакциялардың жанама өнімі ретінде сульфат қалдықтарының едәуір мөлшерін шығарады, олар қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін. Электрогидрометаллургия-литий-ионды аккумуляторлардан бағалы металдарды алу үшін гидрометаллургия және электрохимия принциптерін біріктіретін инновациялық қайта өңдеу әдісі. Бұл процесте электр тогы құрамында еріген металдар бар шаймалау ерітіндісіне беріледі, бұл кобальт, никель және литий сияқты бағалы металдарды іріктеп алуға және қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Бұл материалдар қорытпалар немесе тұздар емес, таза металдар ретінде қалпына келтіріледі, сондықтан оларды аккумуляторларды өндіру немесе басқа да озық өнеркәсіптік қолданбалар үшін жеткізу тізбегіне бірден қайтаруға болады. Электрогидрометаллургия дәстүрлі әдістерге қарағанда бірқатар артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде энергияны аз тұтыну, бұл көміртегі ізінің азаюына, сондай-ақ қалдықтардың азаюына ықпал етеді, бұл қоршаған ортаға әсерді азайтады.

Қорытындылай келе, электрогидрометаллургия литий-ионды аккумуляторларды қайта өңдеудің ең перспективалы шешімі ретінде ерекшеленетінін атап өткен жөн. Aqua Metals АҚШ-та литий-ионды аккумуляторлардан метрикалық тонна жоғары таза минералдарды үздіксіз өндіруге қабілетті өнеркәсіптік масштабтағы мамандандырылған қайта өңдеу зауытын салған алғашқы компания [2].

Aqua Metals-Солтүстік Америкадағы литий батареяларының жалғыз электрогидрометаллургиялық қайта өңдеушісі, ол литий батареяларынан құнды металдарды белсенді түрде шығарады. Литий-ионды аккумуляторларға сұраныс артып келе жатқандықтан, электрогидрометаллургияға инвестиция бастапқы материалдарға тәуелділікті азайту және айналмалы экономиканы қолдау үшін өте маңызды болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

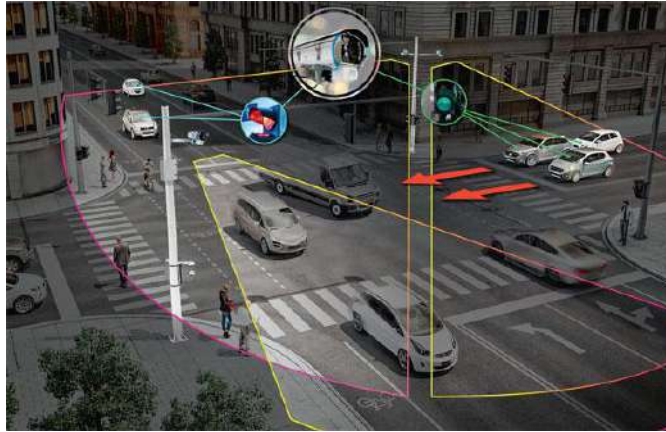
1. *Technologies of lithium recycling from waste lithium ion batteries*; Hyuntae B., Youngsik K. Republic of Korea, 2021
`<iframe width="550" height="310" src="https://www.youtube.com/embed/GhfQKZ0tECQ" title="Aqua Metals' Li AquaRefining Pilot Tour - Sustainable Lithium Battery Recycling" frameborder="0" allow="accelerometer; autoplay; clipboard-write; encrypted-media; gyroscope; picture-in-picture; web-share" referrerpolicy="strict-origin-when-cross-origin" allowfullscreen`

**КАРАҒАНДЫ ҚАЛАЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІНДЕ КӨЛІК
ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ЛОГИСТИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІН
ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ
ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

Қазіргі таңда көлік инфрақұрылымын цифрлық технологияларды қолдану арқылы оңтайландыру – урбанизация және экономикалық дамудың маңызды аспектілерінің бірі. Карағанды қаласының көлік желілерінде логистикалық процестерді жетілдіру заманауи технологиялар мен инновациялық шешімдерді енгізу арқылы жүзеге асуда. Бұл үдерістің басты мақсаты – көлік ағындарын тиімді басқару, жол-көлік оқиғаларын азайту, тасымалдау уақытын қысқарту және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету.

Карағанды қаласының көлік инфрақұрылымы аймақтық және республикалық деңгейде стратегиялық маңызға ие. Жол-көлік жүйесін жаңғырту және цифрландыру, әсіресе интеллектуалды көлік жүйелерін енгізу, осы бағыттағы негізгі қадамдардың бірі болып табылады. Интеллектуалды көлік жүйелері көлік қозғалысын автоматты түрде басқаруға, жол желілерінің жүктемесін азайтуға және қоғамдық көліктің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, көліктік логистиканы оңтайландыру үшін GPS-навигация, үлкен деректер (Big Data) технологиялары және жасанды интеллект алгоритмдері қолданылады. Бұл технологиялар көлік ағындарының қозғалысын болжауға және басқаруға, кептелістерді азайтуға, логистикалық маршруттарды тиімді жоспарлауға көмектеседі.

Қоғамдық көлік саласында цифрлық шешімдер жолаушыларға ыңғайлы жағдай жасауға бағытталған. Электронды билеттеу жүйесі, мобильді қосымшалар және онлайн-карталар арқылы маршруттарды бақылау мүмкіндігі азаматтардың уақытын үнемдеуге және көлік қозғалысының тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Бұл өзгерістер қала тұрғындарының көліктік қызметтерге деген қанағаттану деңгейін арттырып қана қоймай, көлік компанияларының операциялық шығындарын қысқартуға мүмкіндік береді.



Сурет 1. – «Интеллектуалды көлік жүйелері»

Көлік инфрақұрылымын цифрландыру жүк тасымалы саласында да үлкен рөл атқарады. Логистикалық хабтарды автоматтандыру, қоймаларда RFID және IoT технологияларын енгізу, жүк тасымалдауды басқару жүйелерін жетілдіру – бұл үдерістер өңірдегі көліктік-логистикалық қызметтерді тиімді етуге көмектеседі. Қазіргі таңда Қарағанды қаласында көліктік хабтар мен логистикалық орталықтардың дамуы жүктерді өңдеу жылдамдығын арттырып, көлік шығындарын азайтуға бағытталған. Бұл тек жергілікті деңгейде ғана емес, жалпы Қазақстанның көлік-логистикалық жүйесінің халықаралық нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді.

Сандық технологияларды енгізу экологиялық факторларды да назардан тыс қалдырмайды. Ақылды бағдаршамдар жүйесі, электробустарды пайдалану, логистикалық процестерді автоматтандыру көмірқышқыл газының шығарылуын төмендетуге, қала ауасының сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ақылды көлік жүйелері мен аналитикалық платформалар көмегімен көлік инфрақұрылымын болашақта тұрақты түрде дамытуға қажетті деректер жиналады, бұл қала билігінің стратегиялық шешімдер қабылдауына көмектеседі.

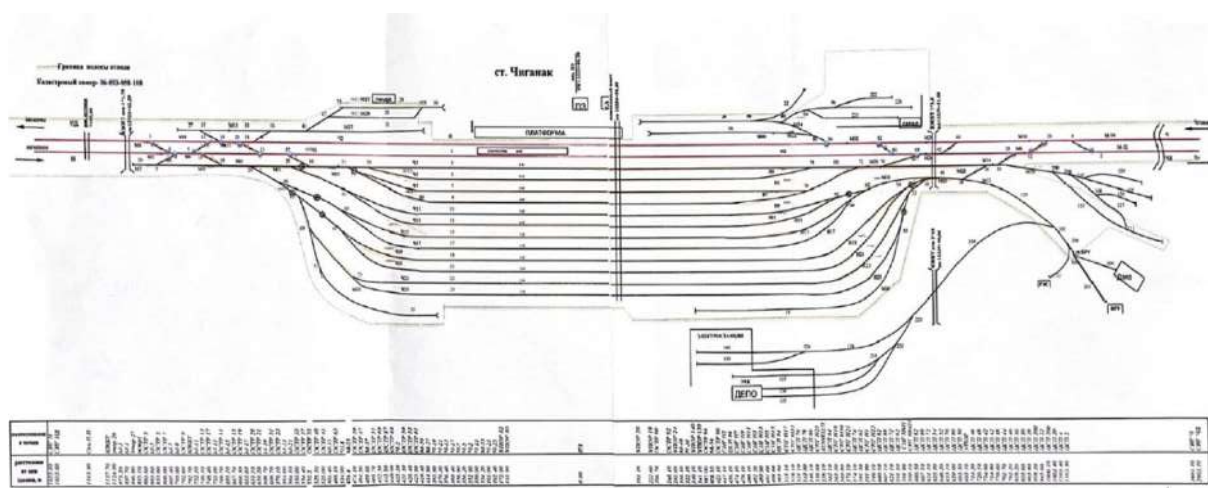
Осылайша, Қарағанды қаласының көлік инфрақұрылымын цифрлық технологияларды қолдану арқылы оңтайландыру қалалық және аймақтық көлік жүйесінің тиімділігін арттыруға, жолаушылар мен жүк тасымалының сапасын жақсартуға, сондай-ақ экономикалық және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл үрдісті дамыту арқылы қала көлік қызметтерін жаңа деңгейге көтеріп, болашақта ақылды қала моделіне көшуге негіз қалайды.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. Құсайынов А.Р., Нұрпейісова А.К. Қазақстандағы көлік логистикасын цифрландыру: мәселелері мен перспективалары // *Көлік және логистика* – 2023. – №2. – Б. 45-52.
2. Сәрсенов Б.Т. Қалалық ортадағы интеллектуалды көлік жүйелері // *ҚазАТК ғылыми журналы* – 2022. – №4. – Б. 30-38.
3. Ғайсин А.К. Қалалық көлік инфрақұрылымы: заманауи тәсілдер // *«Логистика және көлік» журналы* – 2021. – №1. – Б. 12-19.

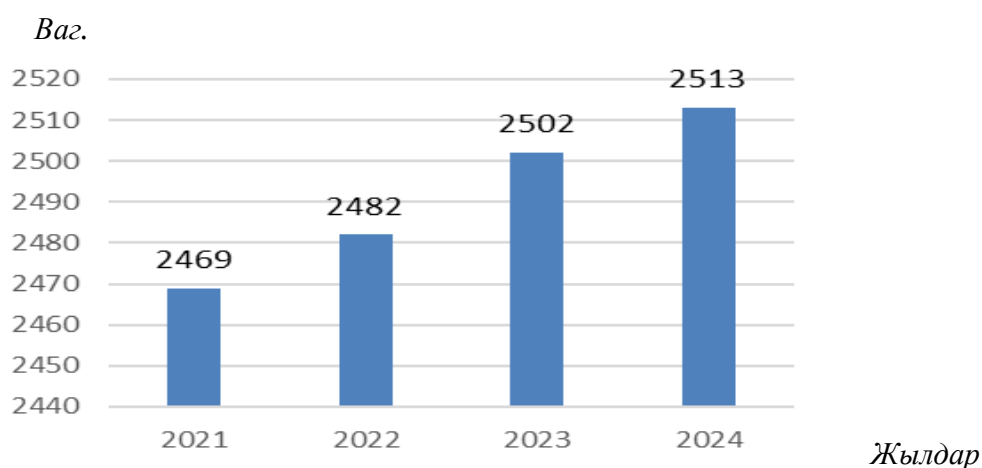
ШЫҒАНАҚ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ВАГОНОАЙНАЛЫМЫН БОЛЖАУ

«Шығанақ» станциясы жұмысының сипаты бойынша учаскелік болып табылады және екінші класқа жатады [1]. Станцияның жол дамуы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – «Шығанақ» станциясының жол дамуы

Осы жұмыста «Шығанақ» теміржол станциясының жұмысына талдау жасау барысында станцияның негізгі көрсеткіші – вагон айналымына болжам жасау орындалды (2-сурет).

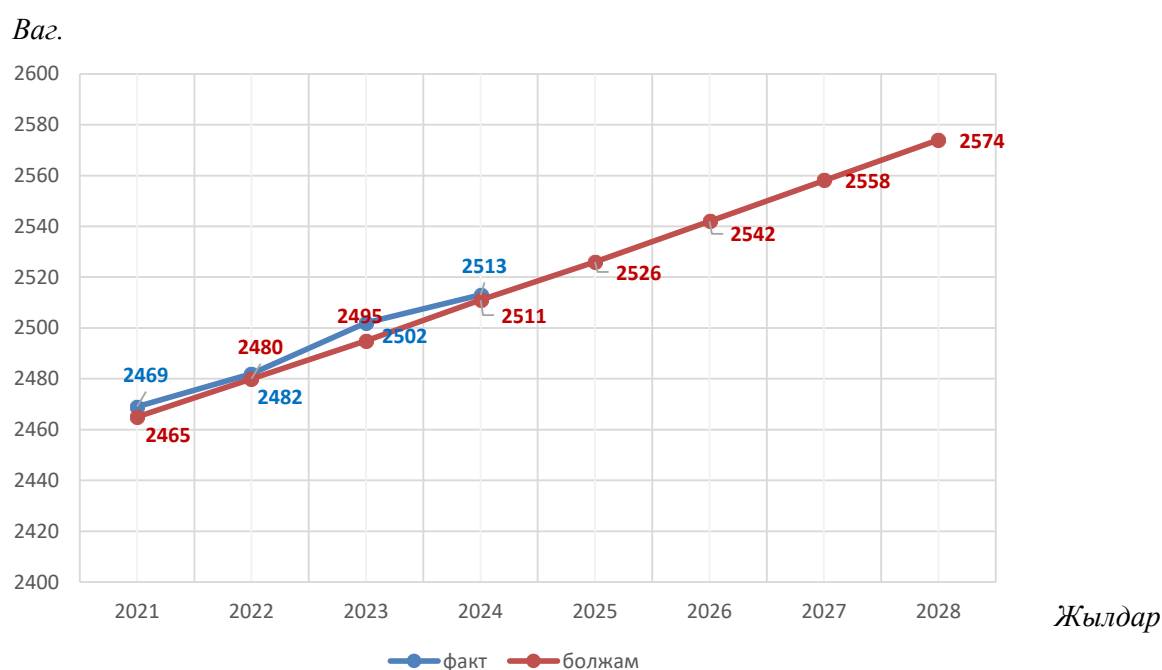


Сурет 2 – «Шығанақ» станциясының вагоноайналымын нақты мәндері

Вагон айналымына болжам жасау есебі жалпыға белгілі үлгілік әдістеме [2] және бастапқы деректер [3] бойынша орындалды. Нәтижесінде «Шығанақ» станциясының негігі көрсеткіші – вагон айналымын болжауға арналған болжамдық функциясы алынды:

$$U_{\text{ваг.}} = 2465 \cdot e^{0,0062 \cdot (T-2021)}.$$

Фактілік вагон айналымы мәндерінің және болжамдық функция мәндерінің графигі 3-суретте келтірілген.



Сурет 3 – «Шығанақ» станциясының вагоноайналымын болжау

Осылайша, жүргізілген зерттеу нәтижелері қолданбалы мәнге ие және теміржол көлігі саласындағы мәселелермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық мамандар үшін қызығушылық тудырады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

1. «Шығанақ» станциясының техникалық-өкімдік актісі.
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Математикалық талдаудың есептік әдістері. – Мәскеу: Электрондық оқу басылымы, 2017. – 512 Мб.
3. «Шығанақ» станциясының технологиялық жұмыс үдерісі.

APPLICATION OF DATA MINING TECHNOLOGY FOR OPTIMIZING
THE OPERATION OF A FREIGHT STATION HANDLING BULK RAW
MATERIALS

The efficiency of processing iron ore raw materials during the winter period largely depends on the coordinated operation of the freight station and defrosting facilities. However, the existing regulations, which take into account only ambient temperature and travel time, do not ensure accurate prediction of the defrosting duration of bulk raw materials in railcars. Analysis has shown that in only 25% of cases do the normative and actual defrosting times coincide, while in 75% of cases, deviations reach up to 6 hours or more. This fact complicates the operational planning of the freight station and necessitates modern approaches to evaluating the processing of bulk raw materials.

Given the complexity of the defrosting process of bulk raw materials in railcars and the significant number of influencing factors (temperature conditions, type and moisture content of the raw material, wagon design, duration of exposure to open air, etc.), the application of Data Mining technology is considered appropriate. Data Mining technology is a set of methods for intelligent data analysis that enables the identification of hidden patterns, the creation of predictive models, and the making of informed decisions based on large data sets. This technology allows the development of adaptive models for in-depth analysis of raw material freezing conditions and is suitable for integration into the information-analytical systems of metallurgical enterprises. Its application not only improves the accuracy of estimating defrosting duration but also optimizes the overall operation of the freight station and defrosting facilities.

The proposed research structure involves a two-stage approach: the first stage focuses on identifying key factors affecting the mass of raw material residues after defrosting; the second stage establishes a functional relationship between these factors and the duration of the defrosting process.

The first stage was implemented based on an industrial experiment involving 4,900 railcars loaded with bulk raw materials arriving from various mining sites under different temperature conditions. Data were collected on the properties of the raw materials, transportation conditions, temperature regimes, heat carrier consumption, and other relevant parameters. For the first time, the strength of raw material freezing was monitored by inserting a metal rod into the material before the defrosting process.

The study was carried out through the following sequential stages: conducting a deep exploratory data analysis (EDA); developing a mathematical model using the multiple regression method; verifying the adequacy of the

resulting regression model; and analyzing the integrated impact of input factors on the mass of bulk raw material residues remaining in the railcars after the defrosting and unloading process using rotary car dumpers, applying the Data Mining modeling methodology.

The results obtained during the exploratory data analysis stage demonstrated that the depth of penetration of the measuring rod into the bulk raw material in the railcar serves as an informative indicator of the freezing level and can be considered a key parameter for further scientific research.

Thus, it was established that, unlike traditional approaches, the EDA methodology allows for the effective identification of the main patterns in the influence of various factors on the residual bulk raw material in railcars. At the same time, the conclusions drawn are preliminary in nature, as they are based on the analysis of the full range of possible combinations of values of the independent variables.

The results of the exploratory data analysis, implemented in the form of a CART (Classification and Regression Tree) model, made it possible to identify five factors that have a statistically significant relationship with the mass of bulk raw material residues remaining in railcars after the defrosting process.

The most influential among them was the parameter characterizing the condition of the frozen material in the railcars—specifically, the depth of penetration of the measuring rod. This indicator shows the highest correlation with the mass of residues, while the influence of other variable factors is significantly lower. Therefore, the depth of rod penetration can be used as a reliable indicator of the freezing strength of iron ore raw materials.

To confirm the results of the CART model, an additional analysis of the input data was carried out using the multiple regression method. Based on experimental observations, a mathematical model was developed that quantitatively reflects the dependence of the residual mass of raw materials on the influence of the identified factors after defrosting and unloading using rotary car dumpers.

The developed model covers the entire range of operational conditions within the permissible variations of the studied factors. The Data Mining modeling technology confirmed the dominant influence of the following variables on the mass of raw material residues (when considered in isolation): depth of rod penetration into the material (h_m) – coefficient 12.82; defrosting duration (t_p) – coefficient 1.66; and average process temperature (t_{avg}) – coefficient 0.67.

The analysis of the integrated influence of the identified factors demonstrates that the primary determinant of effective defrosting and the minimization of residual mass is the depth of penetration of the measuring rod. The duration of the defrosting process, which is a controllable technological parameter, also plays a significant role.

The results of computer modeling indicate that the potential range of variation in the mass of residues is broader than what was recorded experimentally. This can be attributed to the ability of Data Mining technology to account for the full spectrum of combinations of independent variables.

A comparison of the correlation analysis data obtained through Data Mining with classical regression relationships shows a high level of convergence between theoretical results and experimental data.

The analysis of the generated charts and tables made it possible to identify the conditions under which the penetration depth of the measuring rod reaches its maximum values, which, in turn, corresponds to the minimization of raw material residues in the railcars.

Based on the conducted research, the next stage can be initiated — determining the technological parameter of the process, namely, the duration of defrosting of bulk raw materials depending on the degree of their freezing.

References list

1. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115), 32 - 41;
2. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // *Наука і виробництво: Міжвузівський тематичний збірник наукових праць*. – 2021. – № 24. – С. 272 – 284.
3. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г. Дженчако // *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Вип. 22. – 2021. – С. 21 – 27.
4. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В.Г. Дженчако // *Наука і виробництво: Міжвузівський тематичний збірник наукових праць*. – 2019. – № 21. – С. 224 – 237.
5. Дженчако В.Г. Ідентифікація функцій транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*, 2022. – Вип. 24. С. 21 - 27.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ДИЗЕЛЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Как известно в подземных самоходных оборудовании широко распространены каталитические нейтрализаторы с платиновым катализатором, которые обладают неплохими показателями по нейтрализации оксида углерода (СО) и других продуктов неполного сгорания. Катализаторы подобного типа позволяют при температурах 270-280⁰С достичь практически 100 % очистки отработавших газов (ОГ) от СО. Однако при температурах ОГ 200-220⁰С и ниже в силу своих физико-химических свойств платиновый катализатор резко уменьшает свою эффективность по очистке СО.

Опыт эксплуатации горно-шахтного оборудования в подземных условиях АО «Жезказганцветмет» показал, что самоходное оборудование с приводом от дизелей 40-60% рабочего времени работает на режимах с незначительными нагрузками на двигатель, при которых температура ОГ не превышает 170-200⁰С. Как правило на этих режимах каталитические нейтрализаторы работают с низкой эффективностью и по этой причине возникает необходимость создания нейтрализаторов, обеспечивающих эффективность их работы независимо от температуры ОГ.

Исследовательские работы в данном направлении велись работниками лаборатории токсичности ОГ с участием специалистов университета, в результате которых сделан обоснованный вывод, что наиболее перспективными считается подогрев поверхности катализатора и самих ОГ. Однако ограниченный источник электроэнергии для подогрева ОГ на подземных машинах сдерживает широкого применения подобных устройств.

Решить эту проблему возможно после освоения производства нейтрализаторов с блочным катализатором на металлическом носителе. При этом, как показывали результаты исследования, первичным носителем в нейтрализаторах такого типа является металлическая лента, изготавливаемая из сплавов Х23Ю5 или Х15Ю5. Как известно эти сплавы обладают повышенным омическим сопротивлением и могут одновременно применяться в качестве электронагревательных элементов. Благодаря этому свойству металлическая лента позволяет использовать первичный носитель как элемент подогрева.

Также известно, что наибольшая потребность в электроэнергии для подогрева нейтрализатора будет при режиме холостого хода, а их температура, как отмечено выше, на этом режиме не обеспечивает эффективную очистку. Поэтому количество тепла, необходимое для подогрева ОГ до температуры 200-250⁰С можно определить [1]:

$$Q = C_p \times G \times T \times \Delta T, \text{ кДж} \quad (1)$$

где C_p – весовая изобарная теплоемкость, кДж/(кг x К);
 G – расход ОГ через каталитический нейтрализатор, кг/ч;
 T – время подогрева, ч;
 ΔT – повышение температуры, ⁰С.

Затем, рассчитывая расход газа по формуле, $G = 30 \times \mu \times V \times g \times n$, кг/мин (здесь μ – удельный вес ОГ, кг/м³; V – литраж двигателя, м³; g – коэффициент наполнения цилиндра; n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.), определяем максимально необходимую мощность энергозатрат на подогрев, которая составит 2 – 2,5 кВт.

Для этого каталитический блок необходимо изготовить из прямой и гофрированной ленты, длины которых соответственно 5,5 и 7,5 м, при этом диаметр блока должен быть 105 мм.

Для повышения мощности нагрева в качестве нагревателя можно использовать как гофрированную, так и гладкую (прямую) ленту или обе сразу, при этом в конструкции блока должен быть один электрод, расположенный в центре.

При использовании в качестве нагревателя обеих лент общее омическое сопротивление блока можно рассчитывать по формуле [2]:

$$R = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2), \text{ Ом}, \quad (2)$$

где, R_1 – сопротивление гладкой ленты, Ом;
 R_2 – сопротивление гофрированной ленты, Ом.

А сопротивление гофрированной и гладкой лент можно определить по формуле [2]:

$$R = \rho (L/S), \text{ Ом}, \quad (3)$$

где, ρ – удельное сопротивление, Ом x мм²/ м;
 L – длина, м; S – площадь поперечного сечения ленты, мм².

Расчеты показали, что омическое сопротивление – R каталитического блока будет равно 0,8 Ом. Далее определяем максимальную мощность нагрева, которую может выдержать блок без

механических разрушений исходя из того, что для данных сплавов плотность тока равна 15 А/мм [3]:

Тогда максимально допустимый ток, пропускаемый через каталитический блок можно рассчитать, как $I = 15 \times S, A$, что составляет 120 – 130 А, а максимальная мощность подогрева, которую можно получить, пропуская электроток через один каталитический блок – ($P = I^2 \times R, Вт$, где I – максимально допустимый ток, А; R – омическое сопротивление блока, Ом.), лежит в пределах 12 – 13 кВт.

Таким образом расчеты показывают, что для подогрева ОГ на режиме холостого хода для подземных дизелей необходим источник подогрева, мощностью 2,5,кВт, а один же блок может выдержать мощность подогрева 12 – 13 кВт, следовательно использование носителя в качестве нагревающего элемента в каталитическом нейтрализаторе с электроподогревом возможно.

Список использованных источников

- 1 Г.И. Жуков, Б.К. Макашев. *Нейтрализация отработавших газов дизелей подземного самоходного оборудования. Практическое пособие.* – Жезказган: Корапорация «Казахмыс», 2008, - 169с.
- 2 Г.И. Жуков. *Комбинированная система нейтрализации отработавших газов для подземного самоходного оборудования.* // Горный журнал. – 2009, - №12.
- 3 В.А. Звонов. *Токсичность двигателей внутреннего сгорания.* – М.: Машиностроение, 2003, - 190с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОСТОЯ ВАГОНОВ ПОД ГРУЗОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ НА СТАНЦИИ «РАСПОРЯДИТЕЛЬНАЯ» АО «QARMET»

Анализ и прогнозирование одного из основных показателей железнодорожного подразделения работы железнодорожной станции выполнено для станции «Распорядительная» КПТУ УД АО «Qarmet»

Анализ данных данного показателя работы станции приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Время простоя вагона под грузовыми операциями на станции «Распорядительная»

Простой вагона под грузовыми операциями на ст. «Распорядительная», час	Год эксплуатации			
	2020	2021	2022	2023
	6,0	6,5	7,5	8,0

Рассматривая результаты анализа эксплуатационного показателя работы станции, особое значение имеет прогнозирование этого значения на перспективу.

Прогнозные значения показателя работы позволят определить перспективы развития станции, направленные на соответствие прогноза показателя техническим возможностям станции.

Прогнозирование показателя осуществляется следующим образом:

- по фактическим значениям показателя необходимо произвести аппроксимацию этих данных;
- после аппроксимации данных, могут быть получены аналитические эмпирические зависимости;

Аппроксимацию данных производится по методу наименьших квадратов, основа которого заключается в следующем:

По виду графика функции фактически наблюдаемых значений показателя выдвигается гипотеза о типе аппроксимирующей функции.

В простейшем случае это линейная функция вида:

$$y=a+b*x \quad (1)$$

где: x , y – значения аргумента и функции;

a , b – параметры аппроксимирующей функции.

Для расчета параметров аппроксимирующей функции определяется сумма квадратов отклонений теоретических значений функции от эмпирических в аналитическом виде, в зависимости от параметров a и b аппроксимирующей функции.

Для определения минимума суммы квадратов отклонений необходимо вычислить частные производные суммы квадратов отклонений от параметров аппроксимирующей функции a и b . Уравняв значения частных производных к нулю, мы получим систему двух линейных уравнений, решая которую, можно получить формулы для расчета параметров a и b :

$$a = \frac{M_{xy} - M_x M_y}{M_{x^2} - M_x^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{M_x^2 M_y - M_x M_{xy}}{M_{x^2} - M_x^2} \quad (3)$$

Значения формул (2) и (3) определим следующими соотношениями:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (5)$$

$$M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (6)$$

$$M_{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)^2, \quad (7)$$

где: x_i, y_i - это эмпирические значения аргумента и функции.

Построение графиков функций основного показателя работы станции позволяет предположить, что аппроксимирующей функцией может являться логарифмическая зависимость вида:

$$y = a * \ln(x) + c \quad (8)$$

Решение данной задачи наиболее удобно выполнить в программном обеспечении Scilab [1].

Результаты аппроксимации и прогнозирования простоя вагона под грузовыми операциями представлены на Рисунке 1.

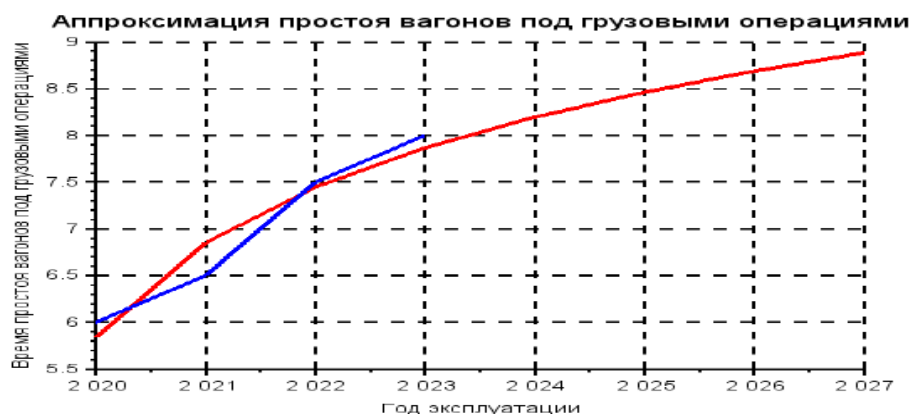


Рисунок 1 - Прогноз времени простоя вагона на станции «Распорядительная»

Прогнозирование эксплуатационных показателей работы позволяет разрабатывать мероприятия по реконструкции железнодорожной станции.

Список использованных источников:

1. https://help.scilab.org/docs/5.5.2/ru_RU/index.html

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАРАГАНДЫ)

Организация эффективной системы пассажирских перевозок является важной задачей для развития городской инфраструктуры. В современных условиях особое значение приобретают цифровые технологии и логистическое моделирование, позволяющие оптимизировать транспортные потоки, минимизировать затраты и повысить удобство передвижения.

Караганда – крупный промышленный центр Казахстана, где пассажирская транспортная система сталкивается с рядом проблем:

- высокая нагрузка на центральные маршруты в отсутствие удобных пересадочных узлов, затрудняющее передвижение между;
- слабая интеграция с альтернативными видами транспорта (такси, каршеринг, велосипеды);
- недостаточная цифровизация системы, что ограничивает доступ пассажиров к информации о маршрутах и расписании[1].

Диаграмма показывает распределение пассажиропотока по районам Караганды.



Рисунок 4 - Пассажиропоток по районам Караганды

Цель исследования. Разработать комплексную модель оптимизации пассажирских перевозок в Караганде с использованием цифровых технологий, интеллектуального управления транспортными потоками и интеграции различных видов общественного транспорта.

Задачи исследования.

1 Провести анализ существующей маршрутной сети и выявить проблемные зоны.

2 Разработать оптимизированную схему маршрутов для снижения загруженности линий.

3 Внедрить интеллектуальную систему управления транспортом (ITS) для динамического регулирования расписания.

4 Разработать мобильное приложение для удобного планирования маршрутов

5 Разработать экономическую модель внедрения цифровых решений и подготовить инвестиционный план.

Научная новизна и практическая значимость.

В работе предложен инновационный подход к управлению маршрутной сетью с применением ITS и цифровых технологий.

Оптимизация пассажиропотока позволит сократить время в пути на 30% и повысить заполняемость транспорта.

Внедрение мобильного приложения обеспечит прозрачность и удобство использования общественного транспорта.

Результаты исследования могут быть использованы для развития транспортных систем других городов Казахстана.

По данным Управления пассажирского транспорта и автомобильных дорог Карагандинской области [2], основные проблемы включают:

- недостаточную связанность удалённых районов;
- отсутствие адаптивного расписания с учётом реального пассажиропотока;
- низкую цифровизацию управления транспортной сетью.

Применение этих методов позволяет формировать маршрутную сеть, максимально соответствующую транспортным потребностям населения при минимальных издержках для перевозчиков.

Для построения модели пассажирских перевозок нужны следующие исходные данные:

- демографическая структура населения (по районам);
- интенсивность пассажиропотока (по GPS/ГЛОНАСС, валидаторам);
- данные об остановочных пунктах и пересадочных узлах;
- карта городской улично-дорожной сети.

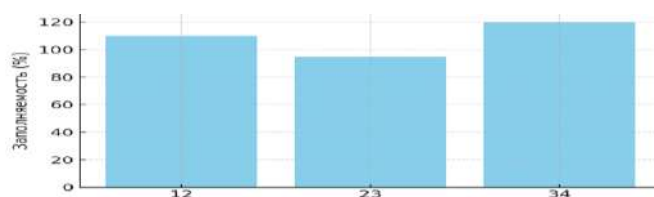


Рисунок 1 — Заполняемость маршрутов в часы пик

Логистическое моделирование позволяет учитывать географические, экономические и демографические особенности города при планировании маршрутной сети.

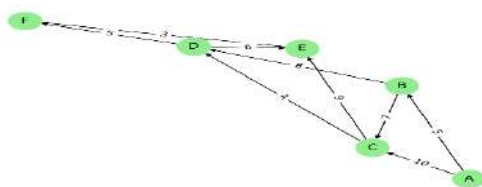


Рисунок 2 - Модель транспортного графа с зональной кластеризацией

На рисунке представлена ориентированная модель транспортной сети города Караганды. Вершины графа обозначают остановочные пункты, а рёбра - маршруты между ними с указанием времени в пути. Такая структура позволяет использовать алгоритмы поиска кратчайших путей и оптимизации маршрутов.

Пример визуализации маршрутной сети с выделением кластеров высокой загрузки. В качестве дополнения рекомендуется использовать диаграмму плотности пассажиропотока по маршрутам.



Рисунок 3 - Результаты моделирования и рекомендации

В результате проведенного исследования будет предложен комплексный план модернизации пассажирских перевозок в Караганде, направленный на улучшение транспортной доступности, экономической эффективности и повышение качества обслуживания пассажиров.

Рекомендации:

- внедрение интеллектуальной транспортной системы (ИТС) с возможностью адаптивного управления движением;
- регулярное обновление маршрутной сети на основе анализа Big Data, полученных от валидаторов и навигационных систем;
- цифровизация и автоматизация процессов управления пассажиропотоками с применением мобильных приложений и аналитических платформ[3].

Список литературы

1. Управление пассажирского транспорта и автомобильных дорог Карагандинской области. Отчёт за 2023 год. — Караганда: УПТиАД, 2024.
2. Назарбаев И. Логистика пассажирских перевозок: теория и практика. — Алматы: Қазақ университеті, 2022.
3. Золотарёв В. П. Моделирование транспортных систем. — М.: Транспорт, 2020.

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛОГИСТИКЕ

Современные логистические системы сталкиваются с множеством вызовов, среди которых рост объемов перевозок, увеличение сложности маршрутов и необходимость быстрой адаптации к изменяющимся рыночным условиям. Искусственный интеллект (ИИ) уверенно входит в обиход этой сферы, выступая мощным инструментом для оптимизации всех этапов логистики. Его способность обрабатывать и анализировать большие объемы данных позволяет предсказывать потребности, снижать затраты и повышать уровень обслуживания клиентов.

В использовании ИИ в логистике акцентируется внимание на его применении для оптимизации маршрутов. С помощью алгоритмов машинного обучения, системы могут не только находить наиболее эффективные пути доставки, но и адаптироваться в реальном времени в ответ на дорожные условия и другие переменные факторы. Это позволяет значительно сократить время в пути, что в свою очередь ведет к снижению расходов на топливо и улучшению общей эффективности транспортировки.



Рисунок - Роботы, работающие на складе, демонстрируют применение ИИ в логистике

Применение ИИ в логистике также включает адаптивное управление запасами. Используя предиктивную аналитику, компании могут прогнозировать потребности в запасах, основываясь на исторических данных и текущих трендах. Это означает, что компании могут избежать

лишних затрат на хранение или нехватку товаров, что критически важно для поддержания конкурентоспособности в быстро меняющемся рынке [2].

Кроме того, системы на основе ИИ способны идентифицировать аномалии в цепочках поставок и предлагать решения для их устранения. Например, при изменении уровня спроса на определенные товары ИИ может скорректировать заказы у поставщиков, избегая избытка или дефицита продукции [1]. Такие возможности делают ИИ не просто инструментом для повышения эффективности, но и средством для долгосрочного планирования и стратегического развития.

Но важно отметить, что внедрение ИИ в логистику не лишено трудностей. Одной из главных проблем является необходимость значительных инвестиций в технологии и обучение персонала, что может стать преградой для компаний с ограниченными ресурсами [1]. Однако, несмотря на это, большинство экспертов считает, что долгосрочные выгоды от применения ИИ будут перевешивать первоначальные затраты, особенно в условиях нарастающей конкуренции.

Реализация ИИ-технологий в логистике требует координации между различными подразделениями компании, чтобы обеспечить совместимость с существующими процессами. Это включает интеграцию новых систем с уже используемыми программными решениями и обучение сотрудников работе с новыми инструментами. Грамотная реализация таких интеграций позволяет не только повысить эффективность, но и создать гибкую и устойчивую логистическую сеть, способную адаптироваться к вызовам внешней среды [2].

Таким образом, применение ИИ в сфере логистики предоставляет компаниям значительные преимущества в борьбе с современными вызовами. Возможности по оптимизации маршрутов, управлению запасами и адаптивному реагированию на изменения создают предпосылки для формирования более эффективных и экономически обоснованных логистических цепочек, что в условиях глобализации и жесткой конкуренции становится критически важным. С развитием технологий ИИ, его роль в логистике только возрастает, открывая новые горизонты для инновационных подходов и стратегий управления.

Литература:

Власов С.В., Кузнецов А.Г. Применение искусственного интеллекта в логистике и цепях поставок // Логистика сегодня. — 2023. — №3. — С. 15–21.

Zhang Y., Qian C., Chen M. Intelligent route optimization in real-time logistics using deep reinforcement learning // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. — 2022. — Vol. 23(6). — P. 9801–9812.

**«ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ» ҰК» АҚ «БАЛҚАШ» СТАНЦИЯСЫНЫҢ
КІРМЕ ЖОЛДАРЫНА ВАГОНДАРДЫ БЕРУ МЕН ЖИНАУДЫ ЗЕРТТЕУ
ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

Жүк теміржол станциялары теміржол көлігінің жұмысында өте маңызды, теміржол бағыттары мен тұтастай алғанда желінің қызметі олардың тұрақты жұмысына байланысты. Бұл станциялардың негізгі міндеттері жүктерді тасымалдау ережелерінің ережелеріне сәйкес жүктерді тасымалдау бойынша жоспарлар мен тапсырмаларды орындау болып табылады.

Айналым уақытының шамамен үштен бір бөлігі жүк вагоны жүк станцияларының кірме жолдарында орналасқан және оларда тасымалдауды уақтылы және сапалы қамтамасыз етудің айтарлықтай резервтері бар. Поездардың жинақ қозғалысының, іргелес учаскелерде «терезелердің» берілуінің және басқа да бірқатар себептердің салдарынан жүк поездарының техникалық станцияларға жақындауы және олардан поездарды әкету біркелкі емес жүзеге асырылады. «Шың» кезеңдерінде көрсетілген біркелкіліктің болмауына байланысты операциялардың орындалуын (вагон бригадаларының қызмет көрсетуі, тарату және қалыптастыру, поездық локомотивтермен және бригадалармен қамтамасыз ету және шығу учаскесіне жөнелту) күту кезінде құрамдар кезегі қалыптасады.

Мұндай кезектер кейбір шектеулерге жеткенде, станцияларға жақындау кезінде пойыздардың кешігуі болады. Бұл кідірістер көбінесе локомотив бригадаларының еңбек және демалыс режимінің бұзылуына себеп болады. Осыған байланысты «Қазақстан темір жолы» ҰК» АҚ «Балқаш» станциясының кірме жолдарына вагондарды беру мен жинауды зерттеу және оңтайландыру өзекті міндет болып табылады.

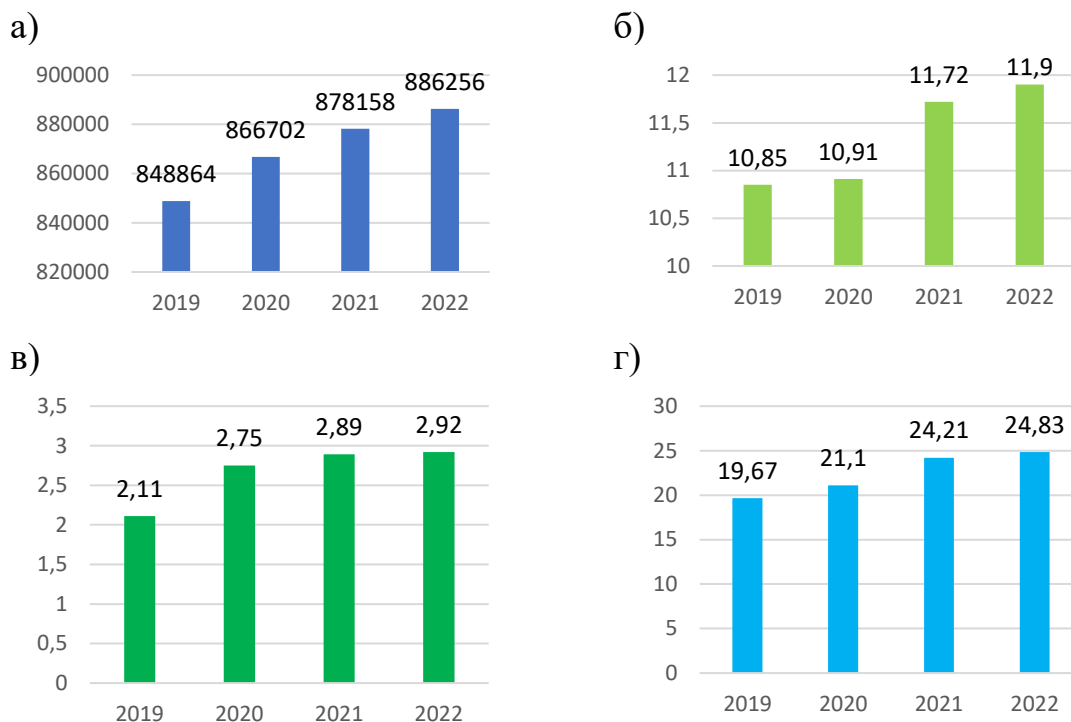
«Балқаш» станциясы жұмыстың сипаты бойынша учаскелік болып табылады және сыныптан тыс жұмыстарға жатады. Станцияға іргелес аралықтар және пойыздардың қозғалысы кезінде сигнал беру мен байланыстың негізгі құралдары:

1) тақ бағытта:

- Балқаш - 1-Көкдомбақ-бір жолды, екіжақты автоблокировка;

2) жұп бағыт:

- Балқаш-1-Балқаш-2-бір жолды, екіжақты автоблокировка.



1-сурет – соңғы 4 жылда «Балқаш» станциясының негізгі көрсеткіштері:

- а) вагон айналымы, ваг; б) қайта өңделген қарапайым транзиттік вагон, сағ;
в) қайта өңделмеген қарапайым транзиттік вагон, сағ;
г) жүк операциялары бойынша қарапайым вагон, сағ.

«Балқаш» станциясының жұмысын талдау бүгінгі таңда станцияда теміржол тасымалын зерттеу және оңтайландыру қажеттілігі туындайтынын көрсетеді. Осылайша, «Қазақстан теміржолы» ҰК» АҚ «Балқаш» станциясының кірме жолдарына вагондарды беру мен жинауды зерттеу және оңтайландыру саласында теориялық және эксперименттік зерттеулерді одан әрі іздеуді жүзеге асыру қажет.

«Балқаш» станциясының кірме жолдары бойынша ұсынылған деректерге сүйене отырып, «Балқаш» станциясының кірме жолдарында вагондарды берудің (жинаудың) оңтайлы санын анықтау үшін келесі кәсіпорындар (ұйымдар) таңдалды:

- Заводская станциясы «БЦМ» ОБ;
- Байыту станциясы «БЦМ» ОБ.

«Балқаш» станциясының **кірме жолдары бойынша вагондарды беру (жинау) шығыстарын вагондарды беру (жинау) санын оңтайландыруға дейін және кейін анықтаймыз:**

1) Заводская станциясы «БЦМ» ОБ кірме жолы:

$$n_{с}^{\text{дейін}} = 7 \cdot 365 = 2555, \text{ теңге};$$

$$n_c^{\text{кейін}} = 6 \cdot 365 = 2190, \text{ теңге};$$

$$P_{\text{л}}^{\text{дейін}} = 22482 \cdot 2555 = 57\,441\,510, \text{ теңге};$$

$$P_{\text{л}}^{\text{кейін}} = 22482 \cdot 2190 = 49\,235\,580, \text{ теңге};$$

$$\mathcal{E}_{\text{л}}^{\text{№1}} = 57\,441\,510 - 49\,235\,580 = 8\,205\,930, \text{ теңге}.$$

2) Байыту станциясы 8 «БЦМ» ОБ кірме жолы:

$$n_c^{\text{дейін}} = 6 \cdot 365 = 2190, \text{ теңге};$$

$$n_c^{\text{кейін}} = 5 \cdot 365 = 1825, \text{ теңге};$$

$$P_{\text{л}}^{\text{дейін}} = 24164 \cdot 2190 = 52\,919\,160, \text{ теңге};$$

$$P_{\text{л}}^{\text{кейін}} = 24164 \cdot 1825 = 44\,099\,300, \text{ теңге};$$

$$\mathcal{E}_{\text{л}}^{\text{№2}} = 52\,919\,160 - 44\,099\,300 = 8\,819\,860, \text{ теңге}.$$

Осылайша, вагондарды беру (жинау) санын оңтайландырғаннан кейін тасымалдаушының локомотивімен тармақ иеленушінің кірме жолдарына вагондарды беру және алу үшін ақы төлеу кезінде кірме жолдарды жалпы үнемдеу мынаны құрайды:

$$\mathcal{E}_{\text{л}} = 8\,205\,930 + 8\,819\,860 = 17\,025\,790, \text{ теңге}.$$

Теміржол станцияларының кірме жолдарына вагондарды берудің (жинаудың) оңтайлы санын анықтау әдістемесі қарастырылған, онда мақсатты функцияның экстремумына жету үшін Лагранждың анықталмаған көбейткіштері әдісі қолданылады.

«Балқаш» станциясының кірме жолдарына вагондарды беру (жинау) санын оңтайландыру нәтижелерін енгізудің жалпы экономикалық әсері 17 025 790 теңге шегінде.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Техническо-распорядительный акт железнодорожной станции «Балхаш».
2. Рожков А.В., Балабаев О.Т., Суюнбаев Ш.М., Адилова Н.Д., Машарипов М.Н. Оптимизация железнодорожных перевозок. Монография / Ташкентский государственный транспортный университет. – Ташкент. Изд –во «ComplexPrint», 2020 – 176с.
3. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах). – М.: Транспорт, 1990. – 232 с.

ВАГОНДАРДЫ СҰРЫПТАУ ТӨБЕСІНЕН ЖІБЕРУ ҮДЕРІСІНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

Теміржол көлігі қазіргі таңда әлемдегі ең маңызды көлік инфрақұрылымдарының бірі болып табылады. Әсіресе Қазақстан үшін теміржол көлігі экономиканың негізі ретінде саналады, себебі ол елдің әртүрлі аймақтарын және халықаралық нарықтарды байланыстыратын маңызды дәліздерді құрайды. Теміржол көлігі саласында жүк тасымалын тиімді ұйымдастыру үшін көптеген үдерістердің автоматтандырылуы және оңтайландырылуы қажет. Мұның ішінде сұрыптау станцияларының жұмысы ерекше орын алады. Сұрыптау станцияларында вагондарды дұрыс бөлу, олардың бағыттарын анықтау және қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз ету аса маңызды. Бұл үдеріс сұрыптау төбесінен вагондарды төмен жіберумен жүзеге асырылады, яғни вагондардың қозғалысы мен олардың тежелуін дұрыс басқару қажет.

Қазіргі таңда бұл үдеріс көп жағдайда жартылай автоматтандырылған немесе адамға тәуелді жүйелер арқылы жүзеге асырылады, бұл өз кезегінде уақыт жоғалтуға, қателіктерге, техника мен инфрақұрылымның зақымдануына әкеліп соғады. Сонымен қатар, вагондардың қозғалысына қатысты әртүрлі факторлар, мысалы, вагонның салмағы, оның ұзындығы, ауа райы жағдайлары, жолдың бұрылу және уклон жағдайлары, техникалық ақаулар мен оператордың қателіктері секілді көптеген параметрлер дұрыс есепке алынбай қалуы мүмкін. Осы себепті, дәстүрлі жүйелердің тиімділігі шектеулі, ал әрбір қате мен кешігу үлкен шығындарға әкелуі мүмкін.

Жасанды интеллект (ЖИ) технологияларының дамуы теміржол көлігін автоматтандыру мен цифрландырудың жаңа мүмкіндіктерін ашты. Жасанды интеллекті негізіндегі жүйелер нақты уақыт режимінде үлкен көлемдегі деректерді өңдеп, вагондардың қозғалысын болжау, тежеу күші мен тоқтау нүктесін есептеу, олардың бағыттарын анықтау сияқты маңызды шешімдерді қабылдай алады. Бұл тек уақытты үнемдеуге ғана емес, сонымен қатар қауіпсіздікті қамтамасыз етуге, адамдардың қатесін азайтуға және теміржол жүйесінің жалпы тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жасанды интеллектің негізгі артықшылығы — ол шешімдер қабылдаудың дәлдігін және жылдамдығын арттырады. Мысалы, ЖИ алгоритмдері әр вагонның параметрлері мен жағдайын есепке ала отырып, оның қозғалысын болжайды, қажетті тежелу күшін есептейді және жолдың жағдайын ескере отырып, оңтайлы бағыт таңдайды. Нейрожелілер немесе шешім ағаштары сияқты алгоритмдер бұл деректерді өңдеп, автоматты түрде ең тиімді шешімді ұсынады. Бұл, өз кезегінде, вагондардың

соқтығысуын болдырмауға, техникалық ақауларды алдын алуға және сұрыптау станциясының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы ИИ технологиялары вагондарды сұрыптау үдерісін түбегейлі өзгертеді. Қауіпсіздіктің жаңа деңгейін қамтамасыз ете отырып, олар жүйенің жылдамдығын да арттырады. Тежегіш жүйелері, бағыттамаалар мен сигналдар нақты уақыт режимінде автоматты түрде реттеледі, осылайша дұрыс уақыт пен орынға вагондар жіберіледі. Бұл, өз кезегінде, үлкен шығындарды болдырмауға және өндірістік процестердің үзіліссіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жасанды интеллектті енгізу тек техникалық мәселелерді шешіп қана қоймай, теміржол көлігі саласын толық цифрландыруға көшуге мүмкіндік береді. Бұл болашақта бүкіл теміржол желісінде үйлесімді жұмыс істейтін автоматтандырылған жүйелерді құруға жол ашады. ЖИ мен интернет заттары (IoT) секілді технологияларды біріктіре отырып, барлық вагондар мен инфрақұрылым элементтері арасындағы өзара байланыс орнатылып, теміржол жүйесі жоғары деңгейде басқарылатын және бақыланатын болады. Сонымен қатар, блокчейн жүйелерін енгізу арқылы ақпараттың қауіпсіздігі мен сенімділігі жоғарылайды.

Сұрыптау станцияларын автоматтандыру мен ЖИ технологияларын енгізу теміржол көлігіндегі көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Осы жүйенің тиімділігі оның нақты уақыттағы жұмысында көрінеді: вагондардың қозғалысы дәл есептеледі, бағыттамаалар мен тежегіштер дұрыс басқарылады, апаттық жағдайлар азаяды. Қорытындылай келе, жасанды интеллектіні вагондарды сұрыптау үдерісіне интеграциялау теміржол көлігі саласындағы өнімділікті арттыруға, қауіпсіздікті жақсартуға және жұмыс процестерінің тиімділігін ұлғайтуға ықпал етеді. Бұл тек теміржол көлігіне ғана емес, бүкіл көлік инфрақұрылымына жаңа технологиялық көзқарасты енгізу болып табылады.

Мұндай технологиялардың қолданылуы Қазақстанның теміржол секторын халықаралық деңгейде бәсекеге қабілетті етіп, тасымалдау жылдамдығын арттыруға, шығындарды азайтуға және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Кузнецов, В.В., & Тихонов, С.А. (2020). *Основы автоматизации железнодорожных перевозок*. Москва: Транспорт.
2. Дьяков, Ю.А. (2019). *Интеллектуальные транспортные системы: Применение и развитие*. Санкт-Петербург: Питер.
3. Shah, S., & Kapoor, R. (2020). AI in Railway Systems: Opportunities and Challenges. *Journal of Railway Engineering*, 24(3), 1-12.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

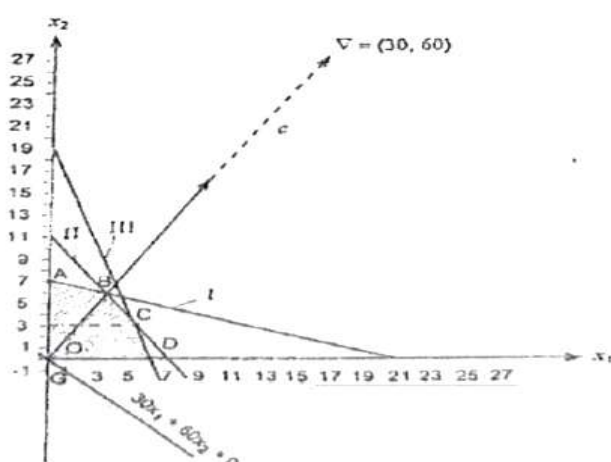
Геометрическая задача линейного программирования представляет собой отыскание такой точки многогранника решений, координаты которой доставляют линейной функции $\max$ значения, причем допустимыми решениями являются все точки многогранника решений [1].

Если в задаче линейного программирования ограничения заданы в виде неравенств с двумя переменными, то она может быть решена графически как на рисунке 1. Графический метод решения задачи линейного программирования состоит из следующих этапов итераций:

1. Сначала строится многоугольная допустимая область решений, соответствующая ограничениям. Далее строится вектор-градиент линейной формы в какой-нибудь точке x_0 , принадлежащей допустимой области

$$V = (C_1 = \frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2} = C_2)$$

2. Прямая $C_1x_1 + C_2x_2 = f(x_0)$, перпендикулярная вектору-градиенту, передвигается в направлении этого вектора в случае максимизации $f(\bar{x})$ до тех пор, пока не покинет пределов многоугольной области. Предельная точка (или точки) области при этом движении и является точкой максимума $f(\bar{x})$



$$A(0, 7) = x, \quad f(x) = 420$$

$$B(3, 6) = x, \quad f(x) = 450$$

$$C(5, 3) = x, \quad f(x) = 350$$

$$D(6, 0) = x, \quad f(x) = 180$$

Рисунок 1 – график функции

3. Для нахождения ее координат достаточно решить два уравнения прямых, получаемых из соответствующих ограничений и дающих в

пересечении точку максимума. Значение $f(\bar{x})$, найденное в получаемой точке, является максимальным.

В случае минимизация $f(\bar{x})$ прямую $C_1x_1 + C_2x_2 = f(\bar{x}_0)$ надо двигаться в направлении, противоположном вектору-градиенту [1].

Ясно, что если прямая при своем движении не покидает допустимой области, то соответствующий максимум или минимум $f(\bar{x})$ не существует.

Рассмотрим геометрический метод решения задачи:

$$\begin{aligned} f(x) &= 30x_1 + 60x_2 \rightarrow \max \\ x_1 + 3x_2 &\leq 21 \\ 3x_1 + 2x_2 &\leq 21 \\ 3x_1 + x_2 &\leq 18 \\ x_{1,2} &\geq 0 \end{aligned}$$

Прямые ограничения означают, что область решений будет лежать в первой четверти Декартовой системы координат. Отметим эту область на рисунке 1 штриховкой.

Этап 1. Определим множество решений первого неравенства. Оно состоит из решения уравнения и строгого неравенства. Решением уравнения служат точки прямой $(x_1 + 3x_2 - 21) = 0$, построим прямую по двум точкам $(0; 7)$ и $(21; 0)$, которые легко получить в результате последовательного обнуления одной из переменных. На рисунке 1 обозначим ее цифрой I [2,5].

Множество решений строгого неравенства - одна полуплоскостей, на которую делит плоскость построенная прямая. Какая из них является искомой можно выяснить при помощи одной контрольной точки. Если в произвольно взятой точке, не принадлежащей прямой, неравенство выполняется, то выполняется и во всех точках той полуплоскости, которой принадлежит контрольной точки, и не выполняется во полуплоскости. В качестве контрольной точки удобно брать начало координат. Подставим значение координат $(0; 0)$ в неравенство, получим $-21 < 0$, т.е. оно выполняется. Следовательно, областью решения неравенства служит нижняя полуплоскость.

Аналогичным образом построим допустимую область решений двух других неравенств.

$$\text{II. } 3x_1 + 2x_2 - 21 = 0$$

$$x_1 = 0, x_2 = 10,5$$

$$\text{точка 1} - (0; 10,5)$$

$$x_1 = 7, x_2 = 0$$

$$\text{точка 2} - (7; 0)$$

$$3x_1 + 2x_2 - 21 < 0,$$

при $x_1 = x_2 = 0$ $-21 < 0$ - выполняется, область решения - нижняя полуплоскость;

$$\text{III. } 3x_1 + x_2 - 18 = 0$$

$$x_1 = 0, x_2 = 18$$

$$\text{точка 1} - (0; 18)$$

$$x_1 = 6, x_2 = 0$$

$$\text{точка 2} - (6; 0)$$

$$3x_1 + x_2 - 18 < 0$$

- выполняется, область решения - нижняя полуплоскость.

Например, определим координаты "С", являющейся точкой пересечения второй и третьей прямой:

$$3x_1 + 2x_2 = 21$$

$$x_2 = 3, x_1 = 5$$

$$3x_1 + x_2 = 18$$

Вычислим значение целевой функции в этой точке:

$$f\{x\} = 30x_1 + 60x_2 = 150 + 180 = 330.$$

Аналогично поступим для других точек. Если допустимая область решений не ограничена, то задача линейного программирования имеет либо только один оптимум, либо не имеет решений.

Этап 2. Приравняем целевую функцию постоянной величине "а"

$$30x_1 + 60x_2 = a.$$

Пусть $a = 0$. Вычислим координаты двух точек $O(0; 0)$, $G(2; -1)$, т.е. $a = 0$ при $x_1 = 2, x_2 = -1$ и построим на графике OG .

Этап 3. Для определения направления движения к оптимуму построим вектор-градиент, координаты которого являются частными производными функции целевой функции, т.е. $c = (c_1, c_2)$, $c(30; 60)$. Построим вектор, соединив точку $(30; 60)$ с началом координат. При максимизации целевой функции необходимо двигаться в направлении вектора-градиента, а при минимизации - в противоположном направлении [3,4].

Таким образом, получаем что движение линии уровня осуществляться до ее пересечения с точкой В. Далее она выходит из допустимой области решения. Следовательно, именно в этой точке достигается максимум целевой функции.

Список источников

1. Минюк, С.А. Математические методы и модели в экономике: учебное пособие/ С.А. Минюк. — Мн.: ТетраСистемс 2002. — 432с. — Б.ц.
2. Кундышева, Е. С. Математические методы и модели в экономике: учебник / Е. С. Кундышева. — Москва: Дашков и К, 2017. — 286 с.
3. Балдин, К. В. Математические методы и модели в экономике: монография / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукоусев. — 3-е изд. — Москва: ФЛИНТА, 2024. — 328 с.
4. Короткий, А. И. Математическое моделирование /А.И. Короткий, Л.Г. Гальперин.— Екатеринбург : Изд-во УГТУ-УПИ, 2005
5. Губарь, Ю.В. Введение в математическое программирование / Ю.В. Губарь.— Москва : Интернет-Университет информационных технологий, 2007.

TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE OPTIMAL METHOD FOR TRANSPORTING EMPTY WAGONS TO LOADING ADDRESSES

In our republic, a number of works are being carried out to ensure the effective use of wagons, timely delivery of cargo, and prevention of monopoly. In particular, on October 10, 2023, the Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ-329 “On measures to radically reform the railway transport sector of the Republic of Uzbekistan” was adopted.

The scheme of delivery of empty wagon flows can be formulated in the form of a graph model (Fig. 1), and cargo flows can be depicted through its edges. We present a graph model for effective management of transport processes of distribution of private freight wagons as follows. Loading stations are vertices of the graph, consisting of a set $K=\{K_1, K_2, \dots, K_N\}$, and cargo transportation routes are designated as edges of the set E . Each edge can have one or more indicators $E=\{E_{12}, E_{21}, \dots, E_{16}, E_{61}\}$, for example, the number of wagons, delivery time, cargo transportation costs, etc.

Thus, through the formed sets, we obtain a graph model $V(K, E)$. In this case, the graph V is considered a directed graph, and all its edges are directed. In addition, the graph is a directed cycle, that is, a closed directed chain. Through graph theory, the above graph $V(K, E)$ can be expressed in the form of its corresponding matrix $M=m_{ij}$. The matrix M consists of N rows (one element for each vertex) and L columns (one element for each edge) [3].

The rows of the matrix are a set of values representing the directions of transportation of loaded and empty wagons, and the movement vectors of the graph V are the task set in the graph: to choose the best option for distributing loaded and empty wagons using the minimum working fleet of wagons for the transportation of all planned loads.

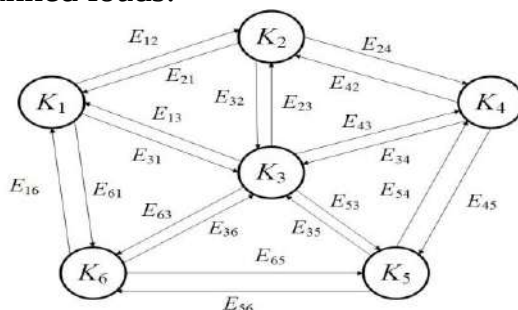


Figure 1. Graph model of wagon movement

In this article, we will show how to ensure coordinated delivery of empty train content from the stops at the loading station within a certain time interval. Base stations can be used in loading areas to quickly redistribute empty train flows.

$0 < t < \tau$ The interaction condition for loading empty wagons at station i and delivering empty wagon flows in a coordinated manner during the time interval can be written as follows:

$$T_{pi}(t) = T_{\pi i}(t + \tau_{3i}) \quad (1)$$

where: the time interval for delivering empty wagons to the i -loading

$T_{pi}(t)$ – station at time t ;

$T_{\pi i}(t + \tau)$ – empty wagons are loaded at station i until they arrive at station i at time $t + \tau$ time interval.

τ_{3i} – delay time in the delivery of empty wagons for loading at the i -th station (the period from the time the wagons depart from the base station until they arrive at the i -th loading station).

Thus, the optimal control function to check the inconsistency of the distribution of empty wagons to the i -loading station during a certain time interval is expressed as follows:

$$W_i[T_{pi}(t)] = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau [T_{pi}(t) - T_{\pi i}(t + \tau_{3i})]^2 dt, i=1,2,\dots,S(t). \quad (2)$$

$$l_i = \frac{Q_i}{Q_{total}} \quad (3)$$

l_i – in which is calculated as the priority coefficient of station i , which is determined by the share of station i in relation to the total load volume [4];

Q_i – i -loading capacity at the loading station, tons;

Q_{max} – $0 < t < \tau$ Total loading volume at stations where empty wagons must be distributed during the period, tons.

Formula (3) above can be used to determine the priority level of transport processes in transportation using the Multi-Criteria Decision Making method:

$$l_i = \frac{Q_i}{Q_{total}} + \frac{S_i}{S_{max}} - \frac{\tau_{3i}}{\tau_{3max}} \quad (4)$$

in this: i -loading capacity of the loading station, wagons/hour;

S_i –

S_{max} – $0 < t < \tau$ loading capacity of the station with the maximum load volume between stations where empty wagons must be distributed during the time interval, wagon/hour;

τ_{3max} – $0 < t < \tau$ Maximum time, hours, of delays in bringing loaded wagons to stations where empty wagons are to be distributed during the time interval.

Formula (4) helps to reduce all indicators to the same range when calculating the priority coefficient, so that each indicator has an equal impact on the priority coefficient [5].

The optimal control function W evaluates the mismatch of loading stations and transport complexes in the time interval $(0; \tau)$, taking into account the priorities. From this, it can be deduced that the flow of empty wagons at loading stations is delayed by reducing the time of arrival of the load.

$$W_i[T_{p1}(t), T_{p2}(t), \dots, T_{ps}(t)] \rightarrow \min \quad (5)$$

According to formulas (1)-(5), the problem to be solved can be expressed as follows:

$$\begin{aligned} W_i[T_{p1}(t), T_{p2}(t), \dots, T_{ps}(t)] &= \sum_{i=1}^{s(t)} W_i \\ &= \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \sum_{i=1}^{s(t)} \{l_i [T_{pi}(t) - T_{ni}(t + \tau_{3i})]^2\} dt \rightarrow \min \end{aligned}$$

Solving the optimal control function problem reduces the accumulation of empty wagons at loading bays. By predicting the loading and unloading volume at stations, rapid management of empty wagons is achieved.

The priority coefficient l_i for distributing wagon flows to be distributed at stations was determined based on the share of the i -th station Q_i in relation to the total loading volume (option I) and taking into account the loading capacity S_i and the delays of empty wagons to this station τ_{3i} (option II).

The priority coefficient (l_i) of loading stations was estimated using two different approaches based on the multi-criteria decision-making (MCDM) method. According to the research results, the allocation option based only on the loading volume (Option I) led to an unbalanced distribution of the wagon flow, while the approach taking into account loading capacity and delay times (Option II) gave relatively stable, efficient and balanced distribution results.

It was found that determining the priority coefficient for stations on the section where empty wagon flows should be distributed using a multi-criteria decision-making method with ratios that take into account the loading capacity of the loading stations S_i and the delay times of empty wagons to this station, will accelerate the loading processes and increase the movement of wagons with loads.

REFERENCES

1. Fortunatov V.V. *Railroad Transport Reform in Contemporary Russia: Results, Lessons, Prospects* // *Bulletin of the Leningrad State University named after A.S. Pushkin*. – 2011. – Vol. 4. – №1. – P. 86-100.
2. A Preliminary Investigation of Private Railcars in North America Author(s): Thomas M. Corsi, Ken Casavant, and Tim A. Graciano Source: *Journal of the Transportation Research Forum*, Vol. 51, №1 (Spring 2012), pp. 53-70. Published by: Transportation Research Forum Stable URL: <http://www.trforum.org/journal>.
3. To'rayev H., Azizov I., Otaqulov S. *Kombinatorika va graflar nazariyasi*. Toshkent: "Ilm ziyo", 2009. – 145 b.
4. Sergeeva T.G. *Improvement of private wagon fleet management*. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2019, Vol. 16, Iss. 3, pp. 449-454. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-3-449-454 (In Russian).
5. Edmundas Kazimieras Zavadskas & Zenonas Turskis (2011). *Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview / Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 17, Iss. 2, pp. 397-427. DOI: 10.3846/20294913.2011.593291.

3D-МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ РЕЛЬСТІ ТАСЫҒЫШТАРДЫҢ АЛЫНБАЛЫ ЖАБДЫҒЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІНДЕГІ КЕРНЕУЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

Қазіргі заманғы теміржол өнеркәсібі жылжымалы құрамның әмбебаптығы мен тиімділігіне жоғары талаптар қояды. Ұзын өлшемді рельстерді тасымалдауға арналған рельс тасығыш вагондар сияқты мамандандырылған жылжымалы құрамды жобалау және визуализациялау мәселелері ерекше өзекті болып отыр. Рельс тасығыштарды жобалаудағы негізгі элементтердің бірі - рельстерді бекітуді, орнатуды және қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз ететін алынбалы жабдық.

3D графика негізінде имитациялық модельдеу конструктивті шешімдерді оңтайландыруға ғана емес, сонымен қатар физикалық прототиптерді жасамай-ақ алдын ала сынақтар жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, шектеулі ресурстар, қысқа даму мерзімдері және қолданыстағы платформаларды жылдам жаңарту қажеттілігі жағдайында өте маңызды.

Цифрлық модельді әзірлеумен егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізу үшін келесі міндеттер шешілді:

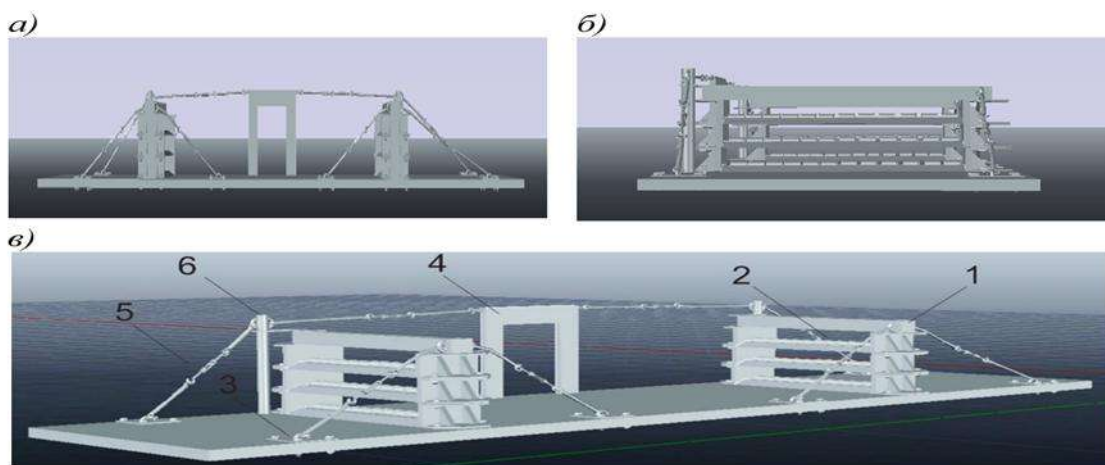
- құрылымдардың негізгі құрылымдық параметрлері қарастырылған;
- пайдалану шарттарын талдау жүзеге асырылды;
- зерттеу жүргізу тәртібі жоспарланған;
- имитациялық 3D модельдің теориялық және тәжірибелік нәтижелерге сәйкестігін тексеру мақсатында алдын ала зерттеулер жүргізілді [1–2].

Зерттеу жүргізу тәртібі мынадай ретпен жүзеге асырылды:

- AutoCAD бағдарламалық ортасында вагон-платформалардың (рельс тасығыштардың) алынбалы жабдығының 3D моделі әзірленді (сурет 1);

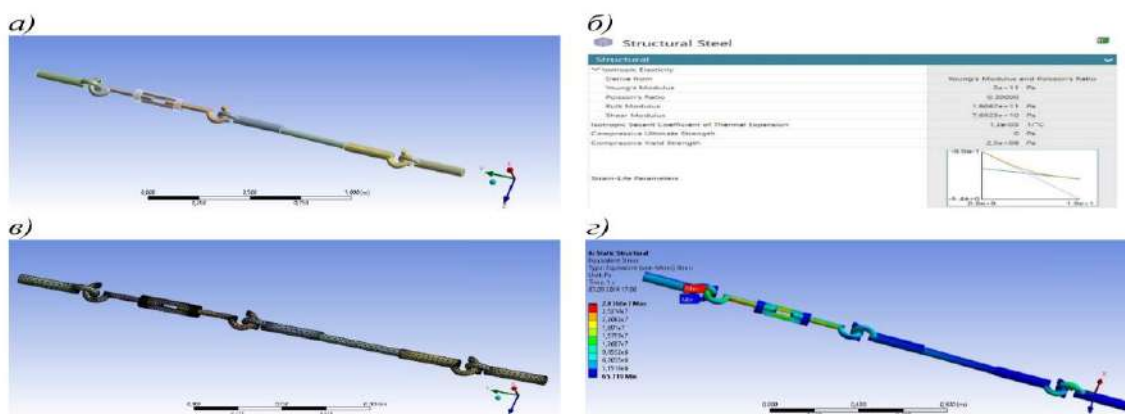
-AutoCAD бағдарламалық ортасынан ANSYS бағдарламалық ортасына вагон-платформалардың (рельс тасығыштардың) алынбалы жабдығының 3D моделін импорттау (сурет 2);

Жүргізілген зерттеулер барысында тіркемедегі вагон-платформалардың (рельс тасығыштардың) алынбалы жабдығының 3D моделі элементінің қарастырылып отырған конструкциясына әсер ететін факторларды өзгерте отырып, 4 жоспарланған сынақ жүргізілді. Әрбір сынақ аяқталғаннан кейін платформа-вагондардың тізбегіндегі (рельс тасығыштардың) алынбалы жабдығының 3D моделі элементінің конструкциясындағы кернеу эпюралары және қорытынды көрсеткіштердің есептеу нәтижелері алынды (сурет 2, а–г).



Сурет 1 - AutoCAD бағдарламалық ортасындағы платформа-вагонның алынбалы жабдығының 3D моделі:

- 1) тірек; 2) роликті тіректер; 3) платформаға бекіту;
4) бүйірлік тірек; 5) талреп; 6) тартқыш тірек



Сурет 2 – Платформа-вагондар тізбегіндегі алынбалы жабдық элементінің 3D моделін имитациялық сынақ жүргізуге дайындау (ANSYS бағдарламалық ортасында)

ANSYS бағдарламалық ортасында жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша конструкция материалындағы σ_{3i} (МПа) механикалық кернеулерінің берілген сыртқы күшінен F_i (Н) алаңына S (m^2), рұқсат етілген кернеуі 160 МПа болатын эксперименттік тәуелділігі (сурет 2, д) алынды.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. Ibatov M.M., Balabaev O.T., Kassymzhanova A.D. Studying the Method of Loading Containers by Testing in the Software Environment // *Material and Mechanical Engineering Technology* . - Karaganda, 2021, Шығарылым 4, Беттер 36 – 39. URL-адрес: https://mmet.kstu.kz/download/articles/29062023033357_digest.pdf
2. Kassymzhanova A.D., Ibatov M.K., Balabaev O.T., Donenbaev B.S., Iessaliyev D.I. Experimental study of maximum stresses in the stationary hoist design in the ansys software environment// Communications - Scientific Letters of the University of Žilina, 2022, Том 24, Шығарылым 4, Беттер B310 - B318. URL-адрес: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85145364138&origin=recordpage>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ВАГОНОВ В ПОДАЧЕ НА ГРУЗОВЫЕ ФРОНТЫ СТАНЦИИ «РАДИОУЗЕЛ» УД АО «QARMET»

Оптимальное количество вагонов в подаче на подъездной путь определяется условием технико-экономической целесообразности [1], с учетом:

- суточных затрат, связанных с простоем вагонов в ожидании накопления для подачи

$$E_n = \frac{24m_c}{X_{пу}} k e_{в-ч} \quad (1)$$

Где: m_c - среднесуточное количество вагонов, следующих на грузовой фронт станции;

$X_{пу}$ - количество подач (уборок) вагонов на грузовой фронт станции;

k - коэффициент, учитывающий характер накопления, принимаемый равным 0,2...0,4;

$e_{в-ч}$ - стоимость вагоночаса;

- суточных затрат, связанных с простоем вагонов в ожидании уборки

$$E_{уб} = \left(\frac{24}{X_{пу}} - \frac{P_{тех} m_{пу}}{z_p Q_{ч}} \right) X_{пу} m_{пу} e_{в-ч} \quad (2)$$

Где: $P_{тех}$ - техническая норма загрузки вагона, тн;

z_p - рабочий парк погрузочно-разгрузочных механизмов;

$Q_{ч}$ - часовая производительность погрузочно-разгрузочных механизмов, т/ч;

- суточных затрат на передвижение вагоноподач маневровым локомотивом

$$E_n = (m_{пу} B_{пу} + A_{пу}) X_{пу} e_{л-ч} \quad (3)$$

Где: $m_{пу}$ - оптимальное количество вагонов в подаче;

$A_{пу}$, $B_{пу}$ - нормативные коэффициенты, значения которых устанавливаются по специальной методике или на основании натуральных наблюдений;

$e_{л-ч}$ - стоимость локомотивочаса;

Оптимальный режим взаимодействия будет достигаться при минимальной величине суммарных затрат, связанных с организацией подач,

$$E = E_n + E_{уб} + E_n \rightarrow \min \quad (4)$$

Графики суточных затрат, приведенных в формуле 4, для исходных данных грузового пункта ТОО «ГазОйл» представлены на Рисунке 1.

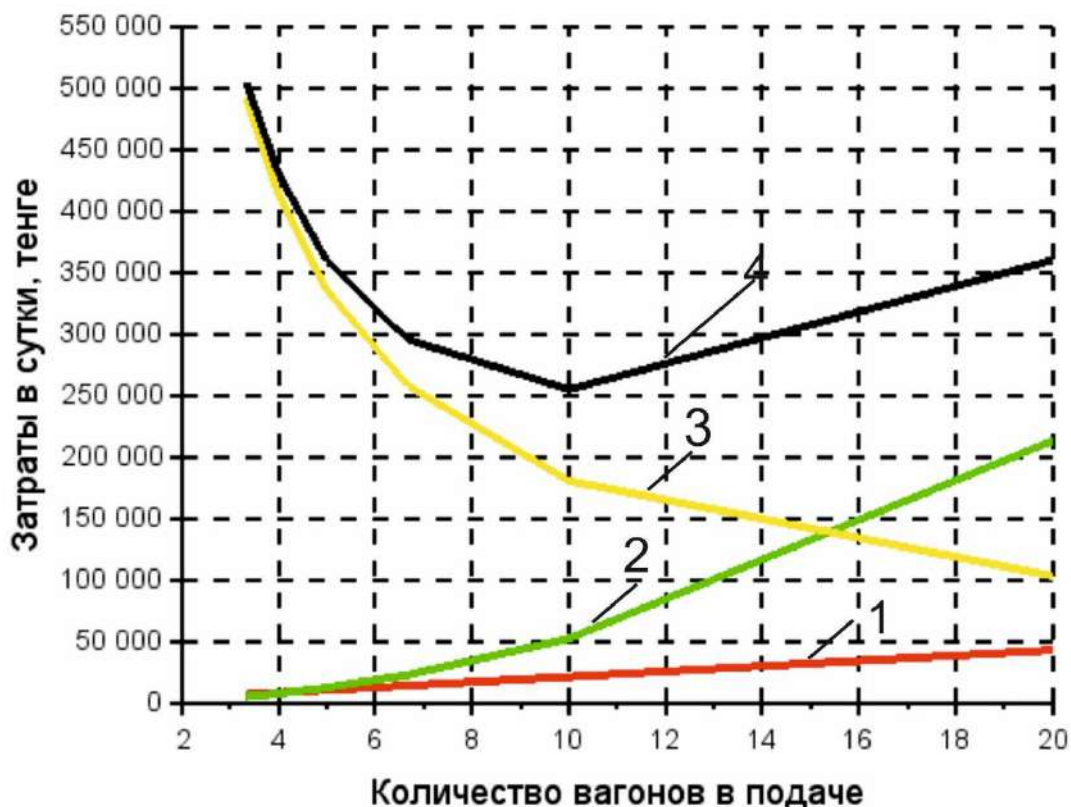


Рисунок 1. Составляющие затрат на подачу вагонов на грузовой пункт ТОО «ГазОйл» станции «Радиоузел»

1-Затраты на накопление подачи; 2- Затраты на ожидание уборки вагонов; 3- Затраты на работу локомотива; 4 – Суммарные затраты, на подачу вагонов на грузовой пункт.

Согласно расчетам, оптимальное количество вагонов в одной подаче на грузовой пункт ТОО «ГазОйл» составляет 10 вагонов.

При существующей схеме путевого развития данного грузового пункта, позволяющего принять 7 вагонов, можно рекомендовать реконструкцию путей грузового пункта, которая позволит принять одновременную подачу 10 вагонов.

Данное мероприятие позволит существенно уменьшить затраты на проведение данной технологической операции.

Список использованных источников

1. Сотников И.Б. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог. [Текст]. – Транспорт : , 1983. – 5с.
2. Сидяковский В.А. Актуализация правил тяговых расчетов промышленном железнодорожном транспорте : Методическое пособие [Текст]. – Москва : ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», 2016. – 95с.

ХИМИЯ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
CATALPA SPECIOSA НА ЭТАПЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ

В аридных условиях Центрального Казахстана особую значимость приобретает задача повышения эффективности озеленения за счёт использования устойчивых декоративных пород. Одним из перспективных подходов к улучшению посевных качеств растений является предпосевная обработка семян с применением физических методов, отличающихся экологической безопасностью и отсутствием загрязняющего воздействия, характерного для химических стимуляторов. Настоящее исследование посвящено оценке влияния магнитного поля, барботирования и лазерного облучения на всхожесть семян *Catalpa speciosa*. Установлено, что воздействие магнитного поля и барботирование способствуют повышению как всхожести, так и энергии прорастания. Кроме того, кратковременное лазерное облучение (30 секунд) оказывает положительный эффект, в то время как увеличение длительности экспозиции снижает эффективность воздействия.

Catalpa speciosa — перспективный интродуцент для озеленения городской среды в континентальном климате Казахстана. Для повышения посевных качеств семян требуется эффективная предпосевная обработка. Физические методы, такие как магнитное поле, барботирование и лазерное облучение, привлекают внимание исследователей благодаря своей безопасности и доступности. Настоящее исследование направлено на оценку влияния указанных факторов на всхожесть и энергию прорастания семян катальпы прекрасной.

Материалы и методы. Объектом исследования выступал семенной материал *Catalpa speciosa*.

Были использованы следующие методы обработки:

- Магнитные поля: одинарное и двойное поле, экспозиция — 24 и 72 часа.
- Барботирование: насыщение водной среды воздухом в течение 24 часов.
- Лазерное облучение: He-Ne лазер ($\lambda = 632,8$ нм, 5 мВт/см²), экспозиция — 30 с, 1, 2, 4 мин.

Проращивание семян проводилось в лабораторных условиях при температуре +24 °С в чашках Петри. Повторы — четырехкратные. Оценка

параметров всхожести и энергии прорастания проводилась согласно методике Удольской.

Результаты и обсуждение. Используя метод магнитного поля максимальные значения всхожести (100%) достигнуты при воздействии двойного поля (24 ч) и одинарного (72 ч). Энергия прорастания достигала 95%, что на 40% выше контрольной группы.

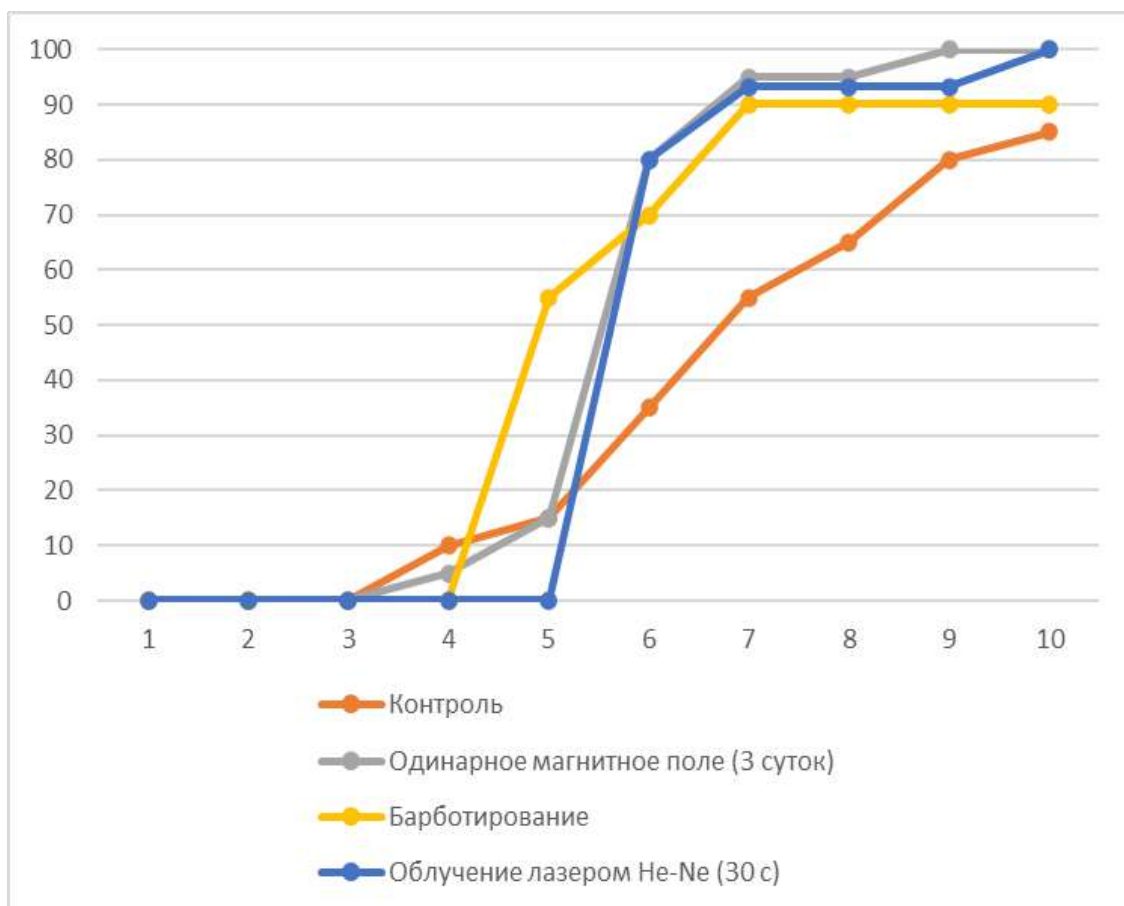


Рисунок 1. Динамика прорастания семян в различных вариантах опыта *Catalpa speciosa*

Метод барботирования показал стабильные результаты: всхожесть — 90%, энергия прорастания — 90%, что также значительно превышает показатели контроля (85% и 55% соответственно). Барботирование ускорило синхронное прорастание семян, начиная с пятого дня.

Лучшие результаты наблюдались используя лазерное облучение при воздействии в течение 30 с: всхожесть достигла 100%, энергия прорастания — 93,3%. При увеличении времени экспозиции наблюдалось понижение этих показателей, особенно при 4-минутном воздействии (73,3% всхожесть).

Все три метода показали положительное влияние на всхожесть семян по сравнению с контролем. Наиболее стабильные и высокие результаты дали

магнитные поля и барботирование. Лазерное воздействие требует точной дозировки времени экспозиции для получения положительного эффекта.

Таблица 1 – Влияние физических методов обработки на всхожесть семян *Catalpa speciosa*

Вариант обработки	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Контроль	85,0 ± 5,77	55,0 ± 5,77
Магн. поле (одинарное, 72 ч)	100,0 ± 0,00	95,0 ± 5,77
Магн. поле (двойное, 24 ч)	100,0 ± 0,00	95,0 ± 5,77
Барботирование	90,0 ± 6,67	90,0 ± 6,67
Лазер (He-Ne, 30 с)	100,0 ± 0,00	93,3 ± 8,16

Закключение. Применение физических методов обработки семян *Catalpa speciosa* демонстрирует высокую эффективность. Наиболее результативными оказались:

- Двойное магнитное поле (24 ч) и одинарное (72 ч);
- Барботирование в течение 24 ч;
- Кратковременное лазерное облучение (30 с).

Все три подхода могут быть рекомендованы для предпосевной обработки семян в условиях Центрального Казахстана, особенно при необходимости повышения жизнеспособности семенного материала в условиях климатического стресса. Требуется дополнительные исследования для уточнения молекулярных механизмов ответной реакции растений на физические воздействия.

Список использованной литературы:

- Araujo S.D.S., Paparella S., Dondi D., et al. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – Vol. 7. – Article 646. doi: 10.3389/fpls.2016.00646.
- Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2012. – Vol. 57. – P. 67–73. doi: 10.1016/j.plaphy.2012.05.008.
- Пастухова А.М., Хертек А.В. Влияние барботирования на всхожесть семян сосны обыкновенной // *Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. М.Ф. Решетнева*. – Красноярск, 2020.
- Мурзабулатова Ф.К., Полякова Н.В. Опыт интродукции видов рода *Catalpa* Scop. в ботаническом саду г. Уфы // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2015. – Т. 17, № 4. – С. 245-247.

ҚИЫН БАЙЫТЫЛАТЫН АЛТЫН ҚҰРАМДЫ КЕНДІ ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕР

Қазақстан Республикасында барланған алтын қоры 1500 тоннаға бағаланады. Бұл көрсеткіш бойынша Қазақстан әлемде 9-орында және ТМД елдері арасында 3-орында тұр. Бұл жалпы әлемдік дәлелденген алтын қорының 2%-дан астамын және жалпы қордың 4,5%-ын құрайды. Сонымен қатар, алтынның орташа мөлшері айтарлықтай жоғары (алтын кен орындарында – 6,27 г/т).

Елдегі болжамды алтын ресурстары осы металдың жалпы белсенді қорынан шамамен 6 есе көп. Алдын ала бағаланған алтын әлеуеті бойынша Қазақстан әлемде Оңтүстік Африка Республикасынан (48,2%) кейін 2-орында (11,6%) орналасқан.

Алтын қорының талдауы көрсеткендей, кенді алтын кен орындарының 84%-ы 8 негізгі кен орнында шоғырланған. Бұл кен орындары 4 кәсіпорынның шикізат базасын құрайды және елдегі алтын өндірудің шамамен 70%-ын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, В+С1 санатындағы қорлар ұзақ мерзімді алтын өндіруді қамтамасыз етуге қабілетті.

Қазақстанның негізгі алтын өндіретін өңірлері және кен орындарының өнеркәсіптік типтері төмендегі 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте Қазақстандағы бастапқы алтын кен орындарының өнеркәсіптік типтері

Кен орнының түрі	Кен орындарының мысалдары		
	Үлкен	Орташа	Шағын
Алтын-сульфидті кварцты плутоногенді	Васильковское, Бестөбе, Ақбақай	Ақсу, Степняк; Долинное;	Алтынсай; Жақсы; Алтынтас;
Алтын-адуляр-кварцты, сульфид-кварцты вулканогенді	Белгісіз	Белгісіз	Тасқора; Архарлы; Мыңарал;
Алтын-сульфидті желілі-уатылған	Бакыршык, Суздаль	Васильковское Большевик Тоқтар	Аққайнар Бақтай
Алтын-скарнды	Белгісіз	Саяк IV	Баксын
Колчедан-полиметалды	Риддер-Сокольском, Н-Ленин-кое, Майқайың	Тишинское, Малеевское, Чекмарь	Мельзильсор, Матсор, Чинасылсай
Мыс-порфирлі	Белгісіз	Самар, Көктасжал, Көксай	Толағай
Мыс-колчедан	Белгісіз	Қосмұрын	Ақбастау, Жыланды
Мыс-скарнды	Белгісіз	Саяк -1	Саяк -2,

Алтын құрамды кендерді өңдеу технологиялары өте әртүрлі, бұл өңделетін алтын құрамды шикізаттың технологиялық ерекшеліктерімен байланысты. Мұндай ерекшеліктерге оның заттық құрамы және кеннің сипаты (немесе «күрделілігі») жатады.

Алтын құрамды кендерді ұсақтау, ұнтақтау және жіктеу түсті металдар кендерін өңдеумен бірдей аппараттарды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Орта және ірі алтын алу фабрикаларының көбінде екі немесе үш сатылы ұсақтау схемасы қолданылады. Әдетте, диірменге жіберілетін материалдың мөлшері 20 мм-ден аспайды, кейде 8-10 мм-ге дейінгі бөлшектер қолданылады [2].

Алтын алу фабрикаларының жұмысына жүргізілген талдау және ғылыми зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, кендерден алтынды алу тиімділігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым еркін алтынның гравитациялық әдістермен толық алынуы жоғары болады. Бұл заңдылық флотацияның барлық еркін алтын бөлшектерін толықтай бөліп алуға қабілетсіздігімен түсіндіріледі: флотация кезінде гидроксидтермен (темір және марганец), сондай-ақ сазды минералдармен қапталған ірі алтын бөлшектері бөлінбей қалады. Циандау кезінде тығыз қапталған, цианид ерітінділері арқылы өтпейтін немесе толық еріп үлгермеген ірі алтын бөлшектері жоғалады. Сондықтан, еркін алтынды гравитациялық байыту әдісімен бөліп алу тиімдірек болуы мүмкін. Алтын құрамды кендерді гравитациялық байыту әдістері кеңінен қолданылады. Бұл әдістер бағалы металдарды алу кезінде негізгі әдіс ретінде, сондай-ақ флотацияны толықтырушы әдіс ретінде пайдаланылады. Төмендегідей гравитациялық байыту процестері қолданылады: гидроциклондарда байыту, отсадкa, шлюздерде, спиральді сепараторларда және концентрациялық үстелдерде байыту, центробежді концентраторларда байыту, ауыр ортада байыту [3].

Флотация технологиялық схемалары негізгі және бақылау флотациясын, бір немесе екі рет тазартуды қамтиды. Алтын флотациясына арналған жабдық дәстүрлі болып табылады. Механикалық және пневмомеханикалық флотациялық машиналар қолданылады. Соңғы жылдары пневматикалық колонналық және чандық флотациялық машиналар қолдану тәжірибесіне енгізілуде.

Соңғы жылдары алтын құрамды кендерді флотациялау технологиясын дамыту арнайы флотация әдістерін әзірлеу арқылы жүзеге асырылуда. Бұл әдістер ерекше реагенттер – жинағыштарды қолдануға негізделген. Мұндай реагенттерге меркаптан мен имидазолин қоспасы, вульфиндер және олардың гидрокарбильді туындылары, алкилтиокарбамат қоспалары, төрттік аммоний хлоридтері, алифатикалық альдоксим және басқа да заттар жатады.

Флотациялық техниканы дамыту саласында соңғы жылдары үлкен көлемді флотациялық машиналарды жобалау және енгізу жұмыстары жүргізілуде. Алайда, ірі машиналарды орнату тек ірі кәсіпорындар үшін

тиімді болып табылады. Соңғы жылдары әзірленген центробежді пневматикалық флотациялық машиналар алтын құрамды кендерді байытуда тиімді болуы мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, центробежді флотациялық машинаның меншікті өнімділігі механикалық машиналарға қарағанда бірнеше есе жоғары болуы мүмкін. Алайда, әртүрлі ірілік кластардағы шикізатта тиімді жұмыс істейтін конструкциялардың жетіспеушілігі байқалады. Центробежді флотациялық машиналарды одан әрі дамыту бірнеше аймақтан тұратын көпзоналы машиналар жасауға тікелей байланысты, онда жалпы қоспа флотациясынан тар ірілік кластарды бөлек флотациялауға көшу жүзеге асырылады.

Алтын флотациясы үшін тиімді әдістердің бірі – көбікті сепарация процесін қолдану. Бұл әдісте бастапқы материал дайындалған көбіктің үстіне беріледі. Алтын құрамды кендерді байытуда көбікті сепарация әдісін сынау нәтижелері оның болашағы зор екенін көрсетеді. Кәдімгі флотациядан айырмашылығы, көбікті сепарация алтынның салыстырмалы түрде ірі бөлшектерін (0,4 мм-ге дейін) және басқа минералдармен бірігіп кеткен алтын түйіршіктерін алуға мүмкіндік береді. Бірінші сатыда көбікті сепарациямен біріктірілген флотация үш түрлі кенге жартылай өндірістік және өндірістік жағдайларда сыналып, алтын-күміс кенін өңдейтін жаңа фабрикада енгізілді.

Күрделі бастапқы алтын-кварцты кендерді өңдеудің тиімді тәсілі – гравитациялық, флотациялық және гидрометаллургиялық әдістерді үйлестіретін біріктірілген әдістер болып табылады. Гравитациялық байыту арқылы кеннен бос жыныстардың едәуір бөлігін бөліп алуға болады, бұл флотация алдында пайдалы және бос минералдардың арақатынасын жақсартуға мүмкіндік береді [4].

Алтын құрамды кендерді өңдеу технологиялық схемасының таңдалуына алтынның бетіндегі қабықтардың болуы және кеннің сипаттамасы да әсер етеді. Мысалы, кеннің батпакті, көмірлі, сульфидті, тотыққан немесе мышьяқты түрі оның өңдеу әдісін анықтайды. Беті таза алтын гравитация, флотация, цианирлеу және амальгамдау әдістерімен жақсы алынады. Ал, беті қабықтармен қапталған алтын механикалық және химиялық әдістермен қосымша өңдеуді қажет етеді, олар алтынның беткі қабатындағы оксидті пленкаларды бұзуға бағытталған.

Әдебиет тізімі:

1. Акимбекова Б.Б. *Түсті металл кендерін байыту. Оқу құралы. Караганда, КарГТУ, 2017. – 74 б. ISBN 987-601-315-244-8.*
2. Акимбекова Б.Б., Омарова Н.К. *Жаңа флотореагенттер. Оқу құралы. Караганда, КарГТУ, 2014, - 89 б. ISBN 978-601-296-067-9.*
3. Көшербаев К. Т. *Флотациялық байыту әдістері. Алматы. Дәур. 2013. -264 б.*
4. Арғымбаева А.М. *Талдаудың физика-химиялық әдістері. Оқу құралы. - Алматы: Қазақ университеті, 2015 ж. - 204 б. ISBN 978-601-04-0004-7.*

ЖЕЛАТИН-ХИТОЗАНОВЫЕ ПЛЕНКИ С ЭКСТРАКТОМ СЕМЯН ГРЕЙПФРУТА

Желатин представляет собой полиэлектролитный биополимер, получаемый путем полного или частичного гидролиза коллагена, – волокнистого белка, содержащегося в костях, коже, соединительных тканях и сухожилиях позвоночных и беспозвоночных животных [1]. В следствие биоразлагаемости и биосовместимости желатин зачастую выступает в качестве основного компонента при получении пленок, находящихся применение в пищевой промышленности и медицине. Для улучшения механических и барьерных свойств получаемых такого рода пленок в основу вводят сшивающие агенты, пластификаторы, а также комбинируют желатин с полисахаридами (в растворах). Хитозан – катионный полисахарид, получаемый, главным образом, из хитина, в следствие своей хорошей пленкообразующей способности, дополнительных бактериостатических свойств находит широкое применение при создании композитных пленок с желатином (из растворов) [2]. Ферментативная модификация данной системы желатин/хитозан трансклутаминазой (сшивающий агент) позволяет получать пленки с контролируемыми физико-механическими свойствами [3]. Введение активных компонентов (в том числе экстракта семян грейпфрута), обладающих антибактериальной активностью и антиоксидантными свойствами, в полимерную матрицу позволяет получать функциональные пленки/покрытия, которые могут найти применение в качестве дополнительного слоя при хранении фруктов и овощей на этапе реализации продукции, а также в сельском хозяйстве (покрытие сельскохозяйственных культур/улучшение структуры почвы).

В данной работе рассмотрено получение пленок с системой активного высвобождения на основе желатина и хитозана, сшитых трансклутаминазой, с добавлением экстракта семян грейпфрута. В качестве полимерной основы были использованы желатин типа Б (АО “ЛенРеактив”, Россия), хитозан (степень деацетилирования 83%, ООО “Биопрогресс”, Россия). Трансклутаминаза была приобретена у ООО ТД “Биопрепарат”. Экстракт семян грейпфрута был куплен через аптечную сеть ООО “ЕАПТЕКА” и, согласно документации, содержал: 19,37 г флавоноидов, включая кверцетин, гесперидин, нарингин, 4,9 г витамина С на 100 мл препарата.

Исследовано высвобождение полифенольных соединений, содержащихся в экстракте, в фосфатный буферный раствор (рН = 5.4). В ходе анализа УФ-спектров поглощения растворов с разной концентрацией экстракта семян грейпфрута, полученных на спектрофотометре UV-1800

фирмы Shimadzu (Япония), был выявлен интенсивный пик при длине волны 266 нм, входящий в область поглощения полифенольных соединений [4].

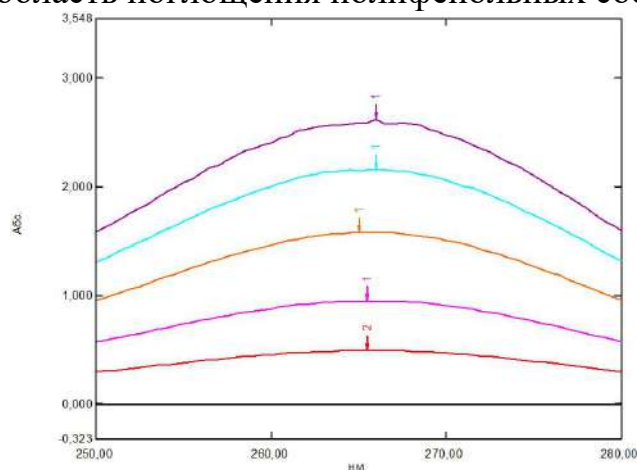


Рисунок 1 – Пик поглощения полифенольных соединений (суперпозиция) при длине волны 266 нм

Для оценки кинетики высвобождения полифенольных соединений в фосфатный буферный раствор были использованы математические модели: нулевого порядка, первого порядка, Хигучи, Корсмайера-Пеппас. Само высвобождение полифенольных соединений носило постепенный управляемый характер в первые 7 ч с быстрым выбросом значительной части вещества (до ~60%), что могло быть связано с легким проникновением молекул растворителя внутрь полимерной пленки и эффективным вымыванием молекул растворенного вещества. Модель Корсмайера-Пеппас наилучшим образом аппроксимировала полученные экспериментальные данные (рассчитанная константа скорости высвобождения составила $3,59 \text{ мин}^{-1}$ при показателе диффузионной константы $n=0,14$).

Была исследована антибактериальная активность образцов полученных пленок (бактериальные культуры: *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*). Установлено, что пленки, содержащие 3 об% экстракта семян грейпфрута, имели наибольший диаметр зон ингибирования против *Staphylococcus aureus* (12 мм) и *Candida albicans* (9 мм), сохранявшийся во времени при количественной оценке через 24, 72, 96, 120 ч.

Список использованных источников:

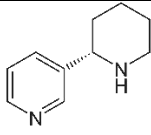
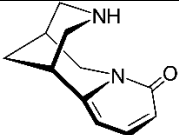
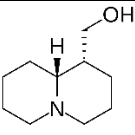
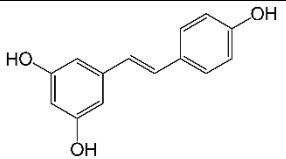
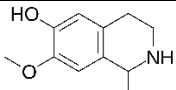
1. Said N.S., Sarbon N.M. Physical and Mechanical Characteristics of Gelatin-Based Films as a Potential Food Packaging Material: A Review // *Membranes*. 2022. Vol. 12, № 5. P. 442.
2. Zhang X. et al. Emerging chitosan-essential oil films and coatings for food preservation - A review of advances and applications // *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 273. P. 118616.
3. Fatima S.W., Khare S.K. Current insight and futuristic vistas of microbial transglutaminase in nutraceutical industry // *Microbiological Research*. 2018. Vol. 215. P. 7 – 14.
4. Wang K. et al. Development of grapefruit seed extract-loaded poly(ϵ -caprolactone)/chitosan films for antimicrobial food packaging // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 22. P. 100396.

IN SILICO ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СПЕЦИФИЧЕСКОГО ЦИКЛОДЕКСТРИНА В КАЧЕСТВЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ АЛКАЛОИДОВ

Алкалоиды являются азотсодержащими гетероциклическими соединениями природного происхождения, проявляющими широкий спектр биологической активности, включая анальгезию, нейромодуляцию, противоопухолевое и противовоспалительное действие. Благодаря этому алкалоиды представляют значительный интерес в медицине, где они используются для создания лекарственных препаратов и биологически активных добавок, применяемых в обезболивающей, противоопухолевой и противовоспалительной терапии, а также в регуляции нервных процессов.

Алкалоиды анабазин, цитизин, люпинин, ресвератрол, сальсолин (Таблица 1) выделяют из растений, произрастающих в Евразии: анабазин содержится в ежовнике безлистном (*Anabasis aphylla* L.), который встречается в Казахстане и Средней Азии; цитизин получают из термопсиса (*Thermopsis spp.*), распространенного в Евразии; люпинин обнаружен в люпине (*Lupinus spp.*), который растет в умеренных зонах, включая Азию; ресвератрол встречается в винограде (*Vitis vinifera*) и шелковице (*Morus spp.*), произрастающих в Азии; сальсолин выделяют из растений рода *Salsola*, распространенных в засушливых регионах Евразии.

Таблица 1 Структурные и химические формулы, молярная масса алкалоидов

	Анабазин	Цитизин	Люпинин	Ресвератрол	Сальсолин
Структурная формула					
Химическая формула	$C_{10}H_{14}N_2$	$C_{11}H_{14}N_2O$	$C_{10}H_{19}ON$	$C_{14}H_{12}O_3$	$C_{11}H_{15}NO_2$
Mr, г/моль	162,23	190,24	169,25	228,25	193,246

Казахстанские ученые активно исследуют биологически активный потенциал данных алкалоидов для создания новых лекарственных препаратов [1-2], однако анализ растворимости и устойчивости к внешним воздействиям показывает, что ресвератрол, люпинин и сальсолин обладают низкой водорастворимостью и высокой чувствительностью к окислению, а анабазин и цитизин демонстрируют умеренную стабильность. Инкапсуляция в молекулярные контейнеры циклодекстринов может улучшить их растворимость, повысить биодоступность и защитить от

разложения под воздействием света и воздуха. Это будет способствовать повышению их фармакологической эффективности, обеспечивая контролируемое высвобождение в организме.

Циклодекстрины представляют собой циклические олигосахариды, состоящие из глюкозных остатков, соединенных α -1,4-гликозидными связями (Рисунок 1) [3].

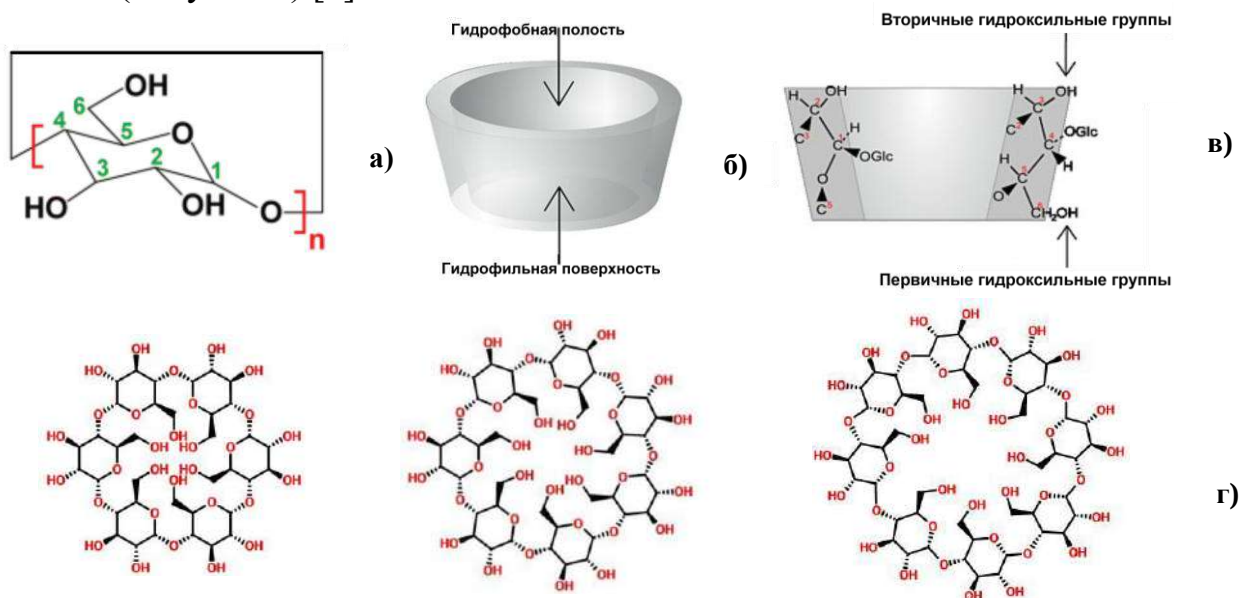
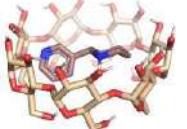
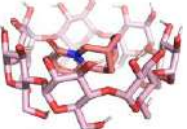
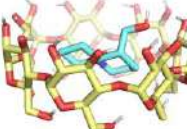
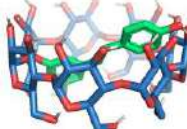
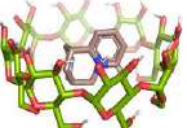
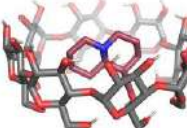
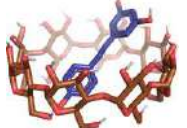
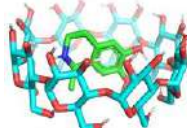


Рисунок 1 Схематичное представление молекул циклодекстрина: а) макроцикл циклодекстрина с α -D-1,4-гликозидными связями; б) коническое изображение циклодекстрина с гидрофобной внутренней полостью и гидрофильной внешней поверхностью; в) внешняя часть молекулы циклодекстрина содержит вторичные и первичные гидроксильные группы; г) структурные формулы α -, β -, γ - циклодекстринов

Циклодекстрины формируют тороидальную структуру с гидрофобной внутренней полостью и гидрофильной внешней поверхностью, что позволяет им образовывать комплексы включения с гидрофобными молекулами и делает их эффективными молекулярными контейнерами. Наиболее распространенными циклодекстринами являются: α -циклодекстрин (α -CD, шесть глюкозных остатков); β -циклодекстрин (β -CD, семь глюкозных остатков); γ -циклодекстрин (γ -CD, восемь глюкозных остатков) (Рисунок 2, г). В фармацевтике они используются для увеличения растворимости, защиты от окисления и контролируемого высвобождения лекарственных веществ, улучшая их биодоступность и терапевтическое действие. В этой связи представлялось интересным провести теоретически обоснованный подбор комплексообразующего циклодекстрина для алкалоидов анабазин, цитизин, люпинин, ресвератрол, сальсолин с помощью *in silico* подхода, используя в качестве оценочной функции аффинность связывания между данными алкалоидами и α -, β -, γ -циклодекстринами. Молекулярное моделирование комплексов включения 1:1 по типу “хозяин” (макромолекула циклодекстрина) – “гость” (алкалоид)

было выполнено с помощью программы AutoDock Vina, визуализация – с помощью программы AutoDock Tools. Полученные в результате докинга данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2 Аффинность связывания, ккал/моль

Лиганд Макро- молекула	Анабазин	Цитизин	Люпинин	Ресвератрол	Сальсолин
α -CD	-4,2 	-4,5 	-3,6 	-4,0 	-4,0 
β -CD	-4,7 	-5,5 	-4,6 	-5,2 	-5,3 
γ -CD	-4,1 	-5,4 	-4,3 	-4,9 	-4,9 

Как видно из представленных в Таблице 2 данных, все исследуемые алкалоиды проявили наилучшую аффинность связывания с β -циклодекстрином, что может быть обусловлено наилучшим соответствием геометрических размеров полости «хозяина» и молекулы «гостя». На основании результатов молекулярного докинга для алкалоидов анабазин, цитизин, люпинин, ресвератрол, сальсолин β -циклодекстрин может быть рекомендован в качестве комплексообразующего агента.

Список использованных источников:

1. Сейдахметова, Р. Б., Рахимов, К. Д., Тутай, Д. С., Муханова, Т. Т., Жолбарыс, А. А., Аманжан, Ә., & Адекенов, С. М. (2021). Нейротропная активность растительных алкалоидов. *Вестник КазНУ. Серия биологическая*, 88(3), 142-153.
2. Бекишева, П. Ж., Итжанова, Х. И., & Нурмаганбетов, Ж. С. (2023). *Anabasis l.* как источник биологически активных алкалоидов (обзор литературы). *Farmaciã Kazahstana*, 5, 349–356. <https://doi.org/10.53511/pharmkaz.2023.61.31.046>
3. Crini, G., Fourmentin, S., Fenyvesi, É., Torri, G., Fourmentin, M., & Morin-Crini, N. (2018). Cyclodextrins, from molecules to applications. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1361–1375. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0763-2>

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ФРАКЦИЙ МОРЕПРОДУКТОВ

Макаронные изделия относятся к категории основных продуктов питания, имеющих важное значение в рационе населения. Согласно данным, предоставленным Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, объем производства данной продукции в 2024 году составил порядка 1,5 млн тонн. В начале 2025 года зафиксирован устойчивый рост выпуска — только за январь было произведено свыше 120 тысяч тонн, что на 8,3% превышает показатели аналогичного периода предыдущего года. Такие цифры подтверждают высокую доступность и востребованность макаронных изделий среди широкого круга потребителей и показывают целесообразность проводимых исследований [1].

Одной из актуальных задач современной пищевой промышленности является разработка продуктов, соответствующих принципам здорового и функционального питания. Особое внимание стоит уделить использованию фракций морепродуктов, полученных в результате переработки ракообразных и моллюсков, позволяющих не только повысить пищевую ценность готовой продукции, но и реализовать концепцию безотходного производства [2, 3].

Целью исследования в работе являлось научное обоснование технологии макаронных изделий с добавлением фракций морепродуктов (гидролизата кожи кальмара и порошка антенн креветки).

В рамках работы были разработаны рецептуры, обоснованы технологические параметры производства, проведена оценка структурно-реологических, физических и органолептических показателей образцов макаронных изделий по разработанным рецептурам, обоснованы режимы варки.

Исследования проводились на кафедре технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Калининградского государственного технического университет» в 3-5-ти кратной повторяемости. Математическая обработка результатов осуществлялась с помощью программного обеспечения Texture Loader и Microsoft Office 2016.

Установлено, что макаронное тесто с внесением гидролизата кожи кальмара положительно влияет на его прочностные характеристики, что, вероятно, связано с его химическим составом (наличием низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот). Оптимальной является внесение в рецептуру макаронного теста 34% гидролизата кожи кальмара. Исследуемые образцы обладали наилучшими структурно-

реологическими свойствами до и после варки изделий, а также органолептическими показателями (внешний вид, вкус, цветовые характеристики, имели более гладкую, однородную, «шелковистую» поверхность).

Добавление в тесто порошка антенн креветки (массовая доля в исследуемых образцах макаронного теста 1,6; 3,3; 4,9; 6,6%) также положительно влияет на прочностные характеристики макаронного теста, что вероятно связано с наличием в данной добавке значительного количества хитина. Наилучшими реологическими характеристиками обладал образец макаронного теста с содержанием порошка антенн креветки равным 3,3%. Внесение порошка антенн креветки придает макаронным изделиям приятный «креветочный» вкус и аромат, однако цвет остается слабо выраженным. Данный показатель возможно скорректировать за счет внесения в рецептуру пищевого красителя, который при изменении цветовых характеристик не будет оказывать влияние на физико-химические и структурно-реологические показатели.

Ферментированный рис использовался в качестве натурального красителя, его добавление в изученных дозировках (массовая доля в исследуемых образцах макаронного теста 0,025; 0,05; 0,2; 0,5%) не оказывает влияние на структурно-реологические и физические показатели, улучшая только органолептические характеристики изделий (внешний вид и цвет), что показывает возможность его использования в данных технологических решениях.

Таким образом, исследование представляет собой комплексное решение, объединяющее научные и практические аспекты разработки тестовых полуфабрикатов нового поколения. Полученные результаты имеют как теоретическую значимость, так и практическую ценность для предприятий пищевой промышленности, ориентированных на выпуск инновационной продукции для современного рынка.

Список использованных источников:

1. *Агроэкспорт : макаронные изделия : сайт. Москва, 2025. URL : <https://aemcx.ru/login-exporter-library> (дата обращения: 24.05.2025).*
2. *Альшевский, Д. Л. научное обоснование рецептуры и технологических параметров структурированного наполнителя, приготовленного из недоиспользуемых фракций кальмара / Д. Л. Альшевский, Р. С. Мавлюдов, М. Н. Альшевская // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 69. – С. 8-20.*
3. *Альшевская М. Н., Карнеева Ф. С., Альшевский Д. Л. Совершенствование технологии пищевого наполнителя из отходов переработки креветки. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. №1. С. 106-115.*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФАРША КАЛЬМАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

В современных условиях развитие пищевой промышленности ориентировано на расширение ассортимента продуктов, обладающих рядом функциональных свойств: минимальной трудоемкостью приготовления, высокой питательной ценностью и доступностью для потребителя [1].

Одно из приоритетных направлений совершенствования технологий переработки водных биологических ресурсов в рамках стратегии развития рыбохозяйственного комплекса - внедрение методов глубокой переработки сырья, позволяющих выпускать пищевые продукты с высокой степенью потребительской готовности (в том числе кулинарные изделия и полуфабрикаты из фарша и формованная продукция) [2].

Головоногие моллюски, в том числе кальмары, рассматриваются как перспективное диетическое сырьё, обладающее высокой биологической ценностью. Благодаря своей способности образовывать плотные скопления, короткому жизненному циклу и интенсивному росту они представляют собой эффективно восполняемый ресурс, широко используемый в промышленном рыболовстве. Кальмары отличаются высокими органолептическими показателями и питательной ценностью, а также значительным выходом готовой продукции – до 80% [3].

Однако использование фарша кальмара в пищевых производствах осложняется его низкой формоустойчивостью, обусловленной высоким содержанием водорастворимых белков. Это может привести к деформации изделий и ухудшению их внешнего вида в процессе тепловой обработки. В связи с этим актуальным является применение структурообразующих добавок, способных обеспечить стабильность формы и сохранить эстетические показатели конечного продукта [4].

Для расширения ассортимента продуктов на основе фарша кальмара целесообразно разрабатывать новые технологические подходы, предусматривающие использование структурированных добавок, полученных из малоиспользуемых частей кальмара.

Целью исследования являлось обоснование применения структурированных наполнителей, изготовленных на основе различных фракций кальмара, изучении их влияния на структурно-реологические свойства фаршевых смесей и качественные характеристики формованных изделий из них.

Объектом исследования являлись фаршевые смеси из кальмара с добавлением структурированных наполнителей (изготовленных из

ферментированной кожицы кальмара или фарша из мантии кальмара; комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ; воды) [5] в различном количестве (25, 50, 75%) и формованные изделия из них.

На первом этапе исследования проанализировали влияние структурированных наполнителей, изготовленных на основе различных фракций кальмара, и их массовой доли на структурно-реологические характеристики фаршевых смесей, такие как вязкость, адгезия, показатель предельного напряжения сдвига (ПНС), формуемость и формоустойчивость.

Было установлено, что добавление структурированных наполнителей (из ферментированной кожицы кальмара и фарша кальмара) увеличивает эффективную вязкость фаршевой смеси, что свидетельствует о формировании более устойчивой и плотной структуры. Наибольшие значения вязкости наблюдались при добавлении 50 % наполнителя, вне зависимости от его вида. Также внесение структурированных наполнителей привело к снижению глубины погружения конуса пенетрометра на 4 мм и увеличению ПНС, что указывает на повышение плотности, упругости и эластичности фаршевой массы. При добавлении структурированных наполнителей в количестве от 25 до 75 % показатель адгезии снизился в среднем на 25%, что способствует улучшению технологических свойств фарша, уменьшению прилипания к оборудованию и снижению потерь сырья. Образцы с соотношением фарша кальмара и структурированного наполнителя 50:50, вне зависимости от его вида, показали высокую формуемость — 5 баллов по разработанной шкале, что соответствует отличной способности к формованию без прилипания и крошения. Максимальные значения показателя формоустойчивости (свыше 80%) достигались при добавлении 50 % наполнителя, что обеспечивает стабильность формы изделия при дальнейшей технологической обработке. Таким образом, наполнитель из ферментированной кожицы кальмара и наполнитель из фарша кальмара показали схожее положительное влияние на структурно-механические свойства фаршевой смеси. Оптимальные показатели достигаются при одинаковой массовой доле (50%).

Вторым этапом исследования стало изучение показателей качества и структурно-реологических характеристик формованных изделий из фарша кальмара с добавлением структурированных наполнителей в состоянии кулинарной готовности.

Было установлено, что водоудерживающая способность (ВУС) модельных образцов формованных изделий с добавлением 50 % структурированного наполнителя составила 61–63%, в зависимости от вида, что на 12 % выше, чем у контрольного образца (фарш кальмара без добавления структурированных наполнителей). Наиболее высокий выход готовой продукции при тепловой обработке был зафиксирован у изделий, содержащих 75 % структурированных наполнителей. Однако эти образцы

демонстрировали пониженные органолептические показатели. Оптимальные органолептические характеристики обеспечиваются при добавлении 50 % наполнителя, вне зависимости от его вида. Образцы характеризовались правильной формой, однородной структурой, сочной и упругой консистенцией, а также выраженным вкусом и ароматом кальмара. При увеличении массовой доли наполнителя до 75 % наблюдалась сухость, крошливость изделий и снижение общей органолептической оценки. Наилучшими структурно-реологическими свойствами характеризовались образцы формованных изделий с добавлением 50 % структурированных наполнителей, а именно показателями твердости (1,40–1,45 Н) и разжываемости (3,10–3,32 мДж), что соответствует оптимальному балансу текстурных характеристик.

Таким образом, можно сделать вывод, что для достижения наилучших технологических и потребительских свойств формованных изделий, оптимальное соотношение фарша и структурированного наполнителя в составе фаршевой смеси — 50:50, вне зависимости от вида.

Результаты исследования могут быть использованы в промышленности для создания новых видов формованной продукции из фарша кальмара с минимальным количеством отходов и высокой добавленной стоимостью. Применение вторичных ресурсов переработки позволяет не только повысить экономическую эффективность, но и разрабатывать продукты функционального назначения с улучшенными потребительскими характеристиками.

Список использованных источников:

1. Кращенко В.В., Храмова О.И. Исследование органолептических и реологических показателей фаршевых систем из кальмара командорского // *Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: Материалы VI Национальной научно-технической конференции (Владивосток, 22 декабря 2022 года)*. Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023. С. 221–227.
2. Романова А.И., Ивченкова Е.Н., Альшевский Д.Л., Шендерюк В.И. Формованные полуфабрикаты из фарша кальмара // *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*. 2012. № 2. С. 171–177.
3. Подкорытова А.В., Слапогузова З.В. Головоногие моллюски и их переработка // *Рыбное хозяйство*. 2007. № 3. С. 99–102.
4. Рябухо Е.Н., Битютская О.Е. Моделирование кулинарных изделий из фарша кальмаров // *Общество, образование, наука в современных парадигмах развития: Материалы V Национальной научно-практической конференции (Керчь, 08–09 ноября 2024 года)*. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2024. С. 135–141.
5. Альшевский, Д.Л., Мавлюдов Р.С., Альшевская М.Н. Научное обоснование рецептуры и технологических параметров структурированного наполнителя, приготовленного из недоиспользуемых фракций кальмара // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. – 2024. – № 69. – С. 8–20.

ӘОЖ 547.56 Балпанова Н.Ж. (Қарағанды, Е.А.Бөкетов атындағы ҚарУ)
Ибатолла Г.Қ. (Қарағанды, Е.А.Бөкетов атындағы ҚарУ)
Малин Г (Қарағанды, Е.А.Бөкетов атындағы ҚарУ)
Кулматов Т.Н. (Қарағанды, Е.А.Бөкетов атындағы ҚарУ)
Мамалвахова Д.Т. (Қарағанды, Е.А.Бөкетов атындағы ҚарУ)

БІРІНШІЛІК ТАС КӨМІР ШАЙЫРЫНЫҢ 200-350⁰С ТЕМПЕРАТУРА АРАЛЫҒЫНДАҒЫ КЕҢ ФРАКЦИЯНЫҢ ЖЕКЕ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНА СУ МЕН НАНОКАТАЛИЗАТОРДЫҢ ӘСЕРІ

Температура төмендеген кезде жоғары тұтқырлы мұнайдың тұтқырлығы ментығыздығының артуы себебінен оларды тасымалдау мүмкіндігі жойылады.

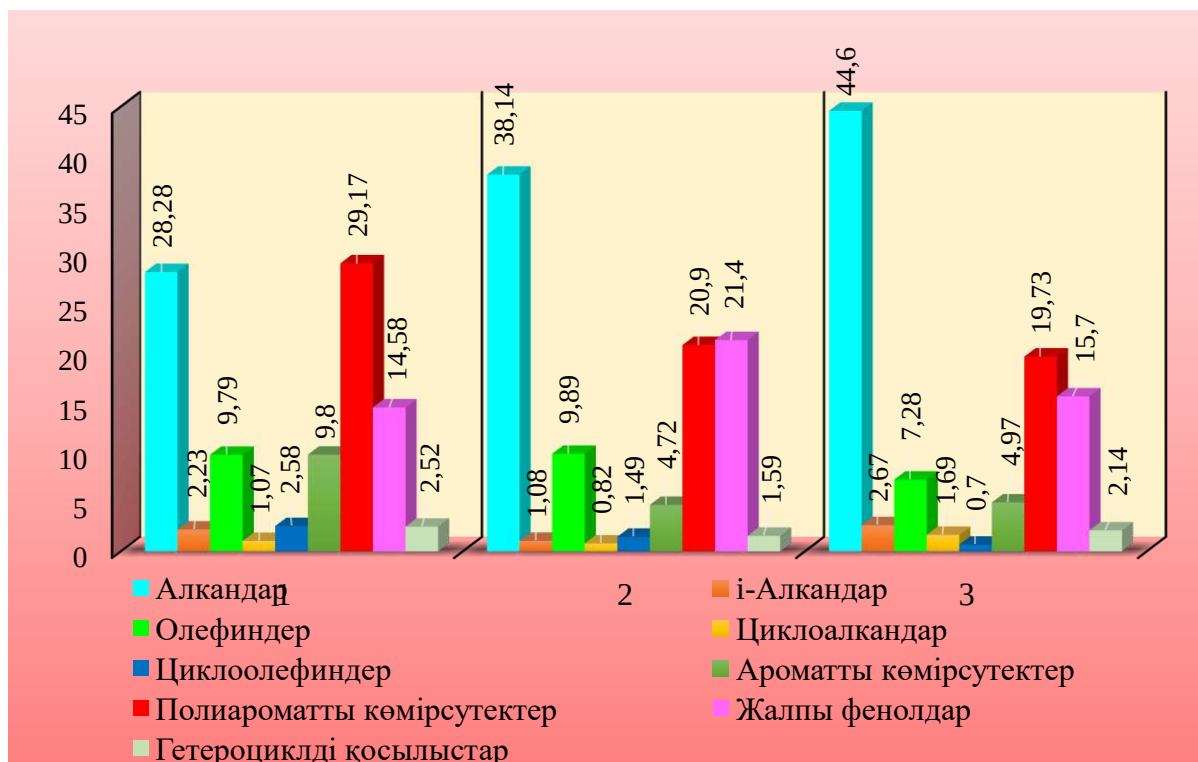
Жоғары парафиндімұнайларды тасымалдау кезінде құбырлардың қарқынды парафинизациясы, өткізу қабілетінің төмендеуі байқалады, бұл, сәйкесінше, эксплуатацияны қиындатып, еңбек және материалдық шығындардың өсуіне алып келеді және осы мәселелерді жою үшін кавитация процесі қолданылады [1-5].

Берілген жұмыста төмен температуралы тас көмір шайырынан дистилляция арқылы 200-350⁰С температура аралығындағы фракция үлгісі алынды. Фракцияның жеке химиялық құрамы хромато-масс-спектрометрдің көмегімен анықталды.

1-суретте катализатор қатысынсыз және №1 нанокатализатор үлгісінің қатысында жүргізілген ультрадыбыстық кавитациялық өңдеу процесінің БТШ фракциясының сумен қоспасының жеке және топтық химиялық құрамының өзгерісіне әсер ету нәтижелері көрсетілген. БТШ-ның фракциясына қосылған су мөлшері, бастапқы фракция көлеміне есептегенде, 10%-дық ұрады.

ХМС-анализ әдісінің көмегімен алынған үлгілердің жеке химиялық құрамы анықталды.

1-кестеде берілген мәліметтер бойынша, нанокатализатор мен су қатысындағы шайыр қоспасының кавитациялық өңдеуі нәтижесінде гексадеканның шығымы 3,7-ден 6,9%-ға дейін, октадекан, сәйкесінше, 2,53-тен 4,0%-ға дейін және нонадекан шығымы 2,2-ден 6,5%-ға дейін жоғарылағанын байқауға болады.



1 – кавитациялық өңдеуге ұшырамаған бастапқы шайыр фракциясы;
 2 – су қатысындағы кавитациялық өңдеуден кейінгі шайыр фракциясы; 3 –
 нанокатализатор мен су қатысындағы кавитациялық өңдеуден кейінгі
 шайыр фракциясы

Сурет 1 – БТШ 200-350°C температура аралығындағы фракциясының
 топтық химиялық құрамы

1-суретте берілген мәліметтерге сәйкес, бастапқы фракциядағы алкандар шығымы 28,28%-ды құрайды, бірақ ол су қатысындағы ультрадыбыстық кавитациялық өңдеуден кейін 38,14%-ға дейін, ал нанокатализатор қосқан кезде, сәйкесінше, 44,6%-ға дейін жоғарылайды. Бастапқы фракциядағы i-алкандар шығымы 2,23% болса, кавитациялық өңдеуден кейін су қатысында 1,08%-ға дейін азаяды, бірақ нанокатализатор қосқан кезде i-алкандар шығымы 2,67%-ға аздап ұлғаяды. Шайыр фракциясындағы олефиндер шығымының су қатысындағы кавитациялық өңдеуден кейін 9,79-дан 9,89%-ға дейін аздап жоғарылағанын, ал нанокатализатор мен су қатысында 7,28%-ға дейін төмендегенін байқаймыз. Циклоалкандар үлесі нанокатализатор мен су қатысындағы ультрадыбыстық кавитациялық өңдеуден кейін 1,07-ден 1,69%-ға дейін артады, ал катализаторсыз су қатысында, сәйкесінше, 0,82%-ға дейін азаяды. Су қатысындағы және су мен нанокатализатор қатысындағы шайыр фракциясының кавитациялық өңдеуінен кейін циклоолефиндер мөлшері, сәйкесінше, 2,58-ден 1,49%-ға және 0,7%-ға дейін төмендейді. Ароматты көмірсутектер үлесінің де кавитациялық

өңдеуден кейін 2 есе азайғанын, сәйкесінше су қатысында 9,8-ден 4,72%-ға дейін және нанокатализатор қосқан кезде 4,97%-ға дейін төмендегенін аңғаруға болады.

Шайыр фракциясының су қатысындағы кавитациялық өңдеуінен кейін ПАК-тер шығымы 29,17-ден 20,9%-ға дейін, ал нанокатализатор қосқан кезде, сәйкесінше, 19,73%-ға дейін азаяды. Бастапқы фракцияда нафталин мөлшері 2,42%-ды құраса, катализаторсыз су қатысындағы кавитациялық өңдеуден кейін оның үлесі 1,09%-ға дейін төмендейді, ал нанокатализатор қосқан кезде түбегейлі жойылады.

Шайыр фракциясындағы жалпы фенолдар шығымының су қатысындағы кавитациялық өңдеуінен кейін 14,58-ден 21,4%-ға дейін ұлғайғанын байқауға болады, ал нанокатализатор қосқан кезде, сәйкесінше, 16,22%-ға дейін аздап жоғарылайды. Солардың ішінде бір сақиналы фенолдың бастапқы фракциядағы мөлшері 1,4%-ды құраса, кавитациялық өңдеуден кейін су қатысында 1,67%-ға дейін, ал нанокатализатор қосқан кезде 1,86%-ға дейін артады.

Гетероциклді қосылыстар шығымы су қатысында жүргізілген кавитациялық өңдеуден кейін 2,52-ден 1,59%-ға дейін, ал нанокатализатор қатысындағы ультрадыбыстық кавитациялық әсер ету нәтижесінде 2,14%-ға дейін төмендейді.

Осылайша, алынған нәтижелерді қорытындылайтын болсақ, БТШ-ның 200-350 °C температура аралығындағы фракциясының су мен нанокатализатор қатысындағы ультрадыбыстық кавитациялық өңдеуі нәтижесінде алкандар шығымы 28,3-тен 44,6%-ға дейін біршама ұлғаяды, i-алкандар, сәйкесінше, 2,2-ден 2,7%-ға дейін, циклоалкандар - 1,1-ден 1,7%-ға дейін және жалпы фенолдар үлесі 14,3-тен 16,2%-ға дейін жоғарылайды.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

- 1 Gogate P.R., Pandit A.B. Hydrodynamic cavitation reactors: a state of the art review // *Division of Chemical Engineering*. – 2001. – Vol. 17, №1. – P. 1-85.
- 2 Яковлев В.А., Заварухин С.Г., Кузавов В.Т. и др. Исследование химических превращений органических соединений при кавитационном воздействии // *Химическая физика*. – 2010. – Т. 29, №3. – С. 43-51.
- 3 Mason T.J., Peters D. *Practical Sonochemistry: Power Ultrasound Uses and Applications*, Second ed. – New Delhi: Horwood Chemical Science Series, 2002. – 154 p.
- 4 Mason T.J., Lorimer J.P. *Applied Sonochemistry: Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing*. – Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2002. – 165 p.
- 5 Avvaru B., Venkateswaran N., Uppara P. et al. Current knowledge and potential applications of cavitation technologies for the petroleum industry // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2018. – Vol. 42. – P. 493-507.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Основной производственной задачей защиты растений является ликвидация или уменьшение потерь урожая, вызываемых вредителями, болезнями растений и сорняками. Развитие биотехнологии позволило по-новому оценить методы, используемые для защиты растений.

Так, организация защитных мероприятий с помощью химических препаратов, например, пестицидов, не приводит к положительным результатам. Поскольку многие пестициды высокотоксичные стойкие органические вещества, которые при регулярном применении, особенно в повышенных дозах, загрязняют окружающую среду, накапливаются в почве, воздухе, грунтовых водах, тканях растений, нарушают биологический баланс, приводя к гибели полезных насекомых, птиц и животных [1].

В связи с этим, во всем мире биологический метод защиты растений признан наиболее ресурсосберегающим приемом, позволяющим защищать растения от болезней, вредителей и повышать их продуктивность.

Важнейшим звеном биологического метода является сохранение и накопление в природе энтомофагов, акарифагов. В частности, применение фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) (рисунок 1), относящегося к семейству фитосейид (*Phytoseiidae*). Его успешно используют для борьбы с паутинным клещом в условиях теплицы, размножая искусственно на питательных средах. Паутинный клещ приносит большой вред огурцам в теплицах и под пленочными покрытиями.



Рисунок 1 – Фитосейулюс (*Phytoseiulus persimilis* Ath.)

Фитосейулюс является агрессивным хищником, который в значительной степени приспособлен к обитанию среди колоний клещей. При этом взрослые особи уничтожают основную часть колонии вредителей, а их личинки практически полностью ликвидируют остатки колонии. Для более эффективной борьбы с паутинным клещем необходимо максимально повысить выход особей фитосейулюса за счет улучшения питательных сред [2].

Исследование проведено в ТОО «Топарские теплицы». Согласно цели работы были проведены исследования по использованию фитосейулюса.

Предложены два вида питательных сред для выращивания фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot).

- выращивание фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) на питательной среде №1, включающей в себя следующие компоненты: пшеничные отруби с размером частиц 1,0-2,0 мм; дрожжи; дистиллированная вода около 250 мл на 1 кг отрубей.

- выращивание фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) на питательной среде №2, включающей в себя следующие компоненты: пшеничные отруби, автолизат пивных дрожжей, этиловый эфир сорбиновой кислоты, дистиллированная вода.

В результате проведенных исследований установлено, что каждая среда имеет свои плюсы и минусы. В нашем случае наиболее подходящей является питательная среда включающая в себя компоненты: пшеничные отруби с размером частиц 1,0-2,0 мм; дрожжи; дистиллированная вода около 250 мл на 1 кг отрубей, так как является экономически выгодной и простой в использовании.

Преимущества питательной среды №1 заключается в том, что она не подвергается воздействию микрофлоры, обеспечивает стабильный выход клещей, может использоваться в асептических условиях при повышенной влажности воздуха. Были проведены эксперименты с разными концентрациями.

Среда № 2 так же эффективна, но ее недостатком является то, что она дорогостоящая и трудоемкая.

Таким образом, для борьбы с вредителями в теплицах перспективно использование биотехнологических методов, которые позволяют размножать и выращивать насекомых-хищников на питательных средах и впоследствии выпускать их для борьбы с насекомыми-вредителями, что способствует повышению урожая овощных культур в закрытом грунте.

Список литературы:

1. Трусевич А.В., Клейменова В.А. Совершенствование биологической защиты тепличных культур //Вестник защиты растений.- 3, 2019.- С. 35-41;
2. Фитосейулюс Персимилис (*Phytoseiulus Persimilis*)//<https://entomofagi.ru/enc-phytoseiulus-persimilis>

HYGIENIC ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS FOR
EMPLOYEES ENGAGED IN COTTON PRODUCTION

Social and economic changes in the Republic of Kazakhstan, along with the structural transformation in industry, have led to the development of new approaches to occupational safety systems for workers exposed to unfavorable production factors and facing high risks of occupational and work-related diseases.

The most challenging social conditions for workers are created in the southern region of Kazakhstan, where high unemployment has led to the devaluation of labor, and employers are often reluctant to optimize and improve labor safety, which in turn negatively affects the health of Kazakhstan's citizens.

A relatively under-researched new sector in Kazakhstan's industry is the cotton-textile cluster. According to some researchers, working conditions at certain stages of cotton processing involve exposure to cotton dust, chemicals, and noise, which contributes to higher morbidity rates. It is well-known that cotton dust, containing various pesticides and defoliants, can cause a range of health issues [1].

A hygienic assessment of working conditions for employees in the cotton production sector was conducted based on the results of sanitary-hygienic characteristics and workplace certification, carried out jointly with the State Sanitary and Epidemiological Surveillance authorities. The evaluation was performed in accordance with the indicators of occupational hazards and danger (RNo. 1.04.001.2000).

The primary adverse factors in the working environment at cotton processing plants (CPP) included cotton dust containing pesticides, oil aerosols, acrolein, noise, and a heated microclimate — all of which are released into the air during cotton processing. These factors were found in the highest concentrations within the main production workshops. At cotton ginning plants (CGPs), the most significant occupational hazards were cotton dust containing pesticides and noise [2,3].

At the key stages of the technological process in CGPs — including centralized pre-drying, cleaning of raw cotton from debris, removal of residual lint from cotton seeds after ginning (lintering), and the baling of cotton fiber and lint — high concentrations of cotton dust were recorded in the workplace air, exceeding the Maximum Allowable Concentrations (MAC) by several orders of magnitude. The highest dust levels were recorded at the workstations of drying operators, ginners, linter machine operators, and baling operators, ranging from 59.6 to 94.0 mg/m³. Cotton dust, which contains organophosphorus pesticides,

consists of both mineral and organic particles, with fine particulate matter (less than 10 microns) accounting for over 90%. The concentration of organophosphorus pesticides in various cotton by-products (cotton dust, husks, oilcake, and cotton seeds) was determined using gas-liquid chromatography. In cotton seeds, the content of phosphamide and carbophos reached 0.50 $\mu\text{kg/ml}$, while in cotton dust the concentrations were 9.71 $\mu\text{kg/ml}$ for phosphamide and 13.75 $\mu\text{kg/ml}$ for carbophos. The operation of cotton cleaning machines is accompanied by high noise emissions, with sound levels reaching 87 dBA — exceeding the permissible exposure limits by 2 to 7 dBA. According to the classification of workplace environmental factors, the working conditions for key occupational groups at CGPs are categorized as Class 3, hazard degree 2 or 3 [2].

At cotton processing enterprises (CPEs), the technological process of cottonseed oil production includes the stages of seed reception and storage, cleaning, dehulling, separation, crushing, pre-pressing, oil extraction, and refining. The production process is accompanied by air contamination with dust in the preparation workshop and seed storage areas, the release of excess heat and water vapor in the pre-pressing, extraction, and refining workshops, as well as air pollution with oil aerosol, acrolein, gasoline vapors (in the extraction workshop), and alkaline substances (in the oil refining workshop). The emission of cotton dust occurs throughout all production stages and in all workshops of CPEs.

The highest levels of airborne dust contamination were recorded in the preparation workshop, where cotton dust concentrations exceeded the Maximum Allowable Concentrations (MAC) by up to 11 times in the warm season and up to 8 times in the cold season. Particularly high dust concentrations were observed at the workplaces of conveyor operators (42.3 mg/m^3) and forklift drivers (43.4 mg/m^3) in the preparation workshop.

Noise levels in the main production workshops reached 98 dBA, exceeding the permissible limits by 14–18 dBA. Based on these findings, most workers in the preparation workshop were classified as working under hazard Class 3.2, while forklift drivers and conditioning operators were assigned to Class 3.3, and conveyor operators were also classified under Class 3.3.

Microclimate assessment at CPEs revealed that air temperature at permanent workstations in the preparation workshop ranged from 23.1°C to 34.3°C during the cold season. In the warm season, temperature fluctuations ranged from 23.3°C to 36.8°C. The highest temperatures (up to 36–39°C) were recorded at the workstations of roasters, press operators, rolling machine operators, breaker machine operators, and processing equipment operators. These conditions were combined with elevated air velocity (up to 0.5 m/s), qualifying their work environment under hazard Class 3.3. Even more adverse thermal conditions were observed in the oil refining workshop. At the workplaces of refining operators and maintenance mechanics, air temperatures ranged from 31.3°C to 38.2°C [2].

The most unfavorable working conditions for employees were identified in the pressing sections of the preparation workshops at cotton processing enterprises (CPEs). These conditions were determined not only by a heated microclimate but also by the release of various volatile compounds into the air, formed during the thermo-oxidative degradation of cotton oil intermediates, such as acrolein and cotton oil aerosols [2,3].

In the workplace air of roasting operators, the concentration of acrolein reached 0.38 mg/m³; for pressing operators, it was 0.3 mg/m³; and for filtration equipment operators, 0.24 mg/m³ — exceeding the Maximum Allowable Concentrations (MAC) by 1.5 to 3 times. The highest concentrations of oil aerosols in the air of the preparation workshop were recorded at the workplaces of pressing operators (8.6 mg/m³), maintenance mechanics (7.1 mg/m³), roasting operators (6.9 mg/m³), and filtration operators (6.43 mg/m³), exceeding MAC by 1.3 to 1.7 times.

At the distillation operator's workstation, the concentration of oil aerosols reached 7.7 mg/m³, and acrolein levels were as high as 0.35 mg/m³. Elevated gasoline vapor concentrations (1.88–1.97 times the MAC) were found at the workplaces of distillation operators (197.5 mg/m³) and filtration operators (188 mg/m³). In the refining workshop, the air in the working zones of refining operators, pump machine operators, washing machine operators, and filtration operators contained alkaline substances (caustic soda) in concentrations exceeding the MAC by 2.7 to 3.1 times [2].

Thus, the integrated assessment of workplace hazards based on dust, chemical, microclimatic, and noise factors identified chemical exposure and dust as the leading risk factors for the majority of occupational groups. Understanding the patterns of formation of work-related diseases is a critical issue for managing occupational risks in enterprises within the cotton cluster, and requires thorough investigation.

List of sources used:

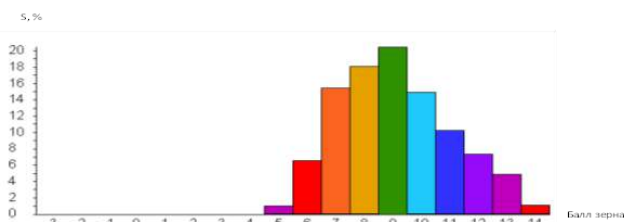
1. Izmerova N.F., Kirillova V.F. (2016). *Occupational Hygiene: Textbook (2nd ed., revised and enlarged)*. Moscow: GEOTAR-Media. 480 p. ISBN 978-5-9704-3691-2. [In Russian].
2. Dosybaeva G.N. (2019). *Cotton and Health (Scientific Foundations of Digestive Organ Disease Risk Management)*. Monograph. IRiga, Latvia, European Union. 243 p.
3. Arykbaeva G.M., Dosybaeva G.N., Madenova Zh.I., Suleimenova Z.S. (2020). *Assessment of the State of Vegetative Homeostasis and the Level of Adaptation Mechanism Tension in Workers of the Cotton Cluster*. Bulletin, 4(91), 21-25. [In Russian].

СУЛЬФИДТІ МЫС ҚҰРАМДЫ ШИКІЗАТТЫ (КОЛЧЕДАНДЫ-МЫС-МЫРЫШТЫ, МЫС-ҚОРҒАСЫНДЫ) ҰЖЫМДЫҚ-ТАҢДАМАЛЫ БАЙЫТУДЫҢ РЕЖИМІН ҚҰРУ

Отандық кен орындарындағы мыс-мырышты кендер, көбінесе колчеданды болып табылады және кендегі пириттің жоғары массалық үлесіне байланысты байытудың біршама қиын объектісіне жатқызылады. Байытудың флотациялық әдісі колчеданды-мыс-мырышты кендерді өңдеудің негізгі әдісі болып табылады. Қазіргі уақытта флотацияның реагенттік режимін қалыптастыру байыту үрдісінің технологиялық көрсеткішін жоғарлататын негізгі әдістердің бірі болып табылады, соның ішінде, пирит жинағыштарына қатысты пириттен мыс пен мырыш минералдарын флотациялық бөлу барысында селективтілерді іздестіруді атап өткен жөн. Ұжымдық-таңдамалы, реагенттік режимдерді қалыптастырудың негізгі бағыты - жинағыштардың қатынасын қолдану. Сондықтан, түсті металдардың колчеданды кендері үшін жинағыштар қатынасын таңдау бағыты өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Оның шешімі колчеданды мыс-мырышты кендерді тиімді өңдеуге және металл шығымын төмендетуге мүмкіндік береді [26]. Әр түрлі флотореагенттерді қолдана отырып, сульфидті мыс құрамды шикізатты (колчеданды-мыс-мырышты, мыс-қорғасынды) ұжымдық-таңдамалы байытудың режимін құру, зерттеудің негізгі мақсаты болып табылады.

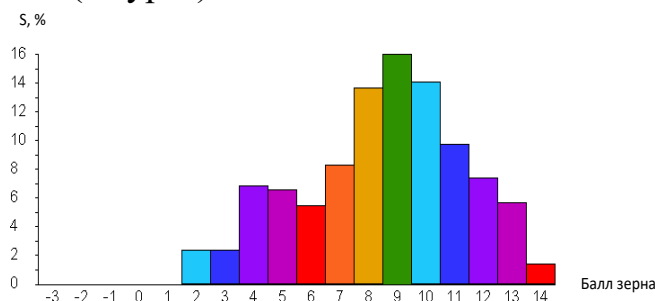
Берілген жұмыста флотация үрдісі арқылы зерттеу объектісі ретінде Ақбастау және Аяқ-Қоджан кен орындарынан алынған кен үлгілері қолданылды.

Кен үлгілерінің фракциондық сараптама нәтижесіне сәйкес, Ақбастау кен орнының кен үлгісінің негізгі бөлігін (7-21%) 0,015-0,0056 мм ірілік көрсеткіштегі бөлігі құрайды. Бұл Протодьяконов шкаласы бойынша 8-12 интервалындағы, 0,062 мм максималды іріліктегі, карбонат типіне сәйкес келетін колчеданды мыс-қорғасынды кеннің беріктігіне сәйкес келеді. Құрамында ірі көлемді кен бөлігінің болмауы кремнезем және басқа да жоғары беріктілікке ие минералдардың болуын жоққа шығарады (1 сурет).



1 сурет Ақбастау кен орнының кен үлгісінің фракциондық құрамын зерттеу нәтижелері

Аяқ-Қоджан кен орнының кен үлгісінің фракциондық сараптама нәтижесіне сәйкес, негізгі бөлігін (6-18%) 0,0039-0,0024 мм ірілік көрсеткіштегі бөлігі құрайды. Бұл Протодьяконов шкаласы бойынша 9-12 интервалындағы, 0,062 мм максималды іріліктегі, колчеданды мыс-қорғасынды кеннің беріктігіне сәйкес келеді. Құрамында ірі көлемде темір кені бар екені анықталды (2 сурет).

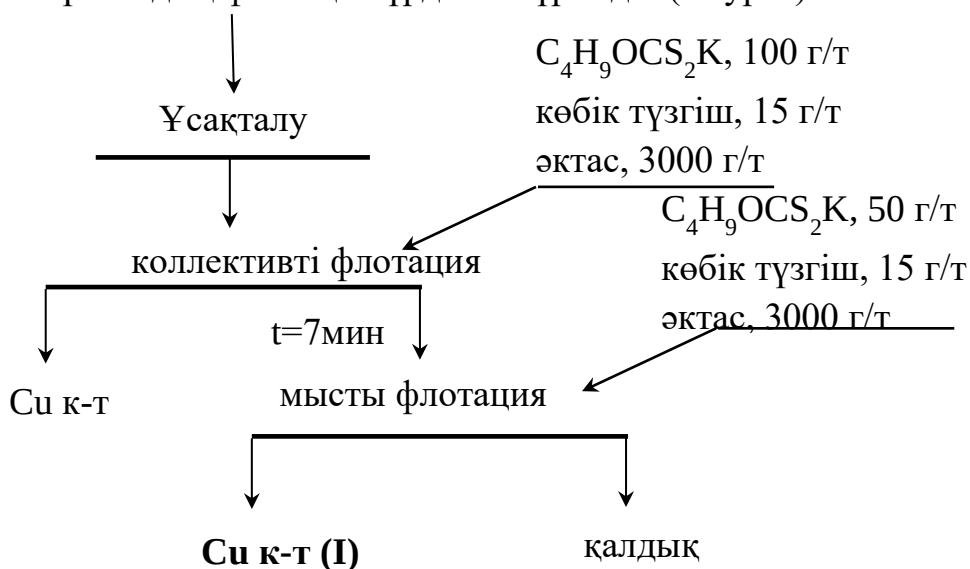


2 сурет Аяқ-Қоджан кен орнының кен үлгісінің фракциондық құрамын зерттеу нәтижелері

Кендерді ұжымдық байыту үрдісінде негізгі назар аудартатын ерекшелік - реагент пен минералдың химиялық байланысы, технологиялық үрдістің көрсеткіштерінде болып табылады.

Әдебиеттерге сәйкес, ұжымдық флотация үрдісін тиімді жүргізу үшін кеннің мөлшері ірі болмауы тиіс, себебі флотацияға дейінгі кеннің ұсақталу көрсеткішінің неғұрлым ұсақ болуы, соғұрлым байытуды тиімді жүргізуге мүмкіндік береді.

Осы жағдайларды ескере отырып, Ақбастау және Аяқ-Қоджан кен орындарынан алынған полиметалды кен үлгілеріне флотореагент ретінде ТАФ-7, М-ТФ311, АФИ-4 маркалы флотореагенттерін, ксантогенат ретінде калий бутилатын, көпірткіш ретінде T_{92} , ортаны реттегіш ретінде әктасты пайдаланып, берілген матрицаға сүйеніп, төменде келтірілген сызба бойынша ұжымдық флотация үрдісін жүргіздік (3 сурет).



3 сурет Полиметалды кенді ұжымдық байытудың сызбасы

Осылайша, зерттеу жұмыстардың нәтижесінде кендер үшін «ТАФ-7», «М-ТФ311» және «АФИ-4» маркалы жаңа жинағыштар, стандартты ретінде бутил ксантогенты анықталды. Мыс-мырыш-пиритті кендер флотациясы үшін таңдамалы режимі дайындалды.

Коллективті мыс-мырышты флотация үрдісін жүргізгеннен кейін мырышты концентрат тікелей кенді флотация мырыш концентратынан мырыштың елеулі бөлігін бөледі. Осылайша, ұжымдық мыс-мырышты концентратты бөлудегі технологиялық үрдістер саны мен пульпаға артылған жүк азаяды, яғни айналымдағы мырыш шығынын төмендетіп, соңында жалпы флотациялық үрдісті қысқартуға мүмкіндік береді. Қалдықтардағы мыс пен мырыштың жоғалуын қысқартады [31].

Флотацияның жаңа сызбасы бойынша мырыш концентратындағы мырыштың 5% және мыс концентратындағы мыстың 9% құрамы жоғарылады.

Осы жұмыстың нәтижелерін талқылай отырып, келесідей қорытынды жасауға болады: көпіршікті флотациялау нәтижесінде, «ТАФ-7», «М-ТФ311» және «АФИ-4» маркалы жинағыштар, бутил ксантогенатымен салыстырғанда біршама аз дәрежеде пиритті флотациялайтыны анықталды, бұл жаңа реагенттік режимді қолдану экономикалық тұрғыдан тиімді. Бұл жұмыста жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, өзекті ғылыми - техникалық тапсырма - колчеданды мыс-мырышты кендерге қатысты сульфгидрильді жинағыштар қоспасы қатысындағы таңдамалы флотациялық режимі ғылыми негізде таңдалды; компоненттердің тиімді қатынастары анықталды. Түсті металдардың колчеданды кендерді байытудағы флотация үрдісіне арналған таңдамалы реагенттік режимді құруда аталған заңдылықтар қолданылды. Осының негізінде берілген жүйелерді зерттеу ғылыми-теориялық және практикалық жағынан маңызы зор болып табылады. Қазіргі уақыттағы заманауи мәселелердің бірі болып саналатын кендерді байытуда әртүрлі флотореагенттердің синтезі және қолдану саласында, түсті металдардан тиімді коллективті концентрат алуда жаңа модификацияланған флотореагенттерді қолдану нәтижелі болып саналды.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

1. Бектурганов Н.С., Тусупбаев Н.К., Калугин С.Н., Семушкина Л.В., Калдыбаева Ж.А. Способ переработки полиметаллической медно-свинцово-цинковой руды /Инновационный патент РК № 21101 от 15.04.2009, бюл. № 4.-С.51.
2. Бектурганов Н.С., Тусупбаев Н. К., Семушкина Л.В., Калиева Р.С., Турысбеков Д.К., Калдыбаева Ж.А. Применение нового флотореагента тетрагидропиранового ряда во флотации полиметаллических сульфидных руд // Труды VII Конгресса обогащателей стран СНГ.- Москва, 2-4 марта 2009.- 2 с.
3. Бектурганов Н.С., Тусупбаев Н.К., Турысбеков Д.К., Семушкина Л.В., Калиева Р.С., Шаутинов М.Р., Нурахметова Г.Б.Разделение коллективного медно-свинцового концентрата с новым модификатором - катализатором окисления //Горный журнал Казахстана, 2008.-№ 8.- С. 9-13.
4. Кушкова А.К., Калугин С.Н., Абилов Ж., Омирбек Н., Тусупбаев Н.К., Семушкина Л.В., Калиева Р.С. Новые поверхностно-активные вещества тетрагидропиранового ряда //Труды Республиканской научно-практической конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане».- Алматы, 14 декабря 2007. - Сборник статей, часть 4, химические науки.- С. 203-206.

**БИЦИКЛДІ МОНОТЕРПЕНОИД (+) + КАМФОРА ГИДРАЗОНЫНЫҢ
СИНТЕЗІ, ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ МОДИФИКАЦИЯСЫ**

Камфора туындылары табиғи монотерпендер қатарына жатады және олардың көптеген фармакологиялық белсенділігі бар қосылыстарға айналуы мүмкін. Соңғы жылдары камфора негізіндегі гидразондарды зерттеуге деген қызығушылық артты, себебі бұл қосылыстардың молекулалық құрылымдары күрделі, көпфункционалды және биологиялық белсенділікті жоғарылатуға әлеуеті бар. Камфора гидразондары – карбонил тобы мен гидразин туындысының арасындағы конденсация реакциясы нәтижесінде түзілетін қосылыстар. Мұндай қосылыстар антимикробтық, қабынуға қарсы, антиоксиданттық және басқа да фармакологиялық қасиеттерге ие болуы мүмкін.

Гидразон туындылары – заманауи медициналық және фармацевтикалық химияда маңызды орын алатын органикалық қосылыстар. Олар биологиялық тұрғыдан белсенді құрылымдар қатарында болып, дәрілік заттар синтезінде бастапқы реагент немесе фармакофорлық фрагмент ретінде қолданылады. Камфора туындыларының биологиялық белсенділігі олардың кеңінен қолданылуына мүмкіндік береді. Алайда, камфора гидразондарының синтезі мен құрылымдық модификациясы әлі толық зерттелмеген, сондықтан бұл бағытта жаңа ғылыми мәліметтер алу өзекті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – камфора негізінде жаңа гидразон туындыларын синтездеп, олардың құрылымын зерттеу және химиялық модификациялау мүмкіндіктерін анықтау.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Камфора гидразондарының синтезі туралы әдеби мәліметтерге шолу жасау;
- Синтездің тиімді жолдарын таңдау және синтез жоспарын құру;
- Модификация жүргізуге болатын функционалдық топтарды анықтау;
- Құрылымды зерттеудің заманауи әдістерін (ИК, ЯМР, элементтік талдау) қарастыру;
- Жаңа қосылыстардың мүмкін биологиялық белсенділігі туралы болжам жасау.

Зерттеу нысаны ретінде камфорадан алынатын гидразон туындылары алынды.

Қазіргі таңда әдеби шолу жасалып, камфора гидразондарының синтезі мен қолданылуы бойынша мәліметтер жүйелендірілді. Сонымен қатар, модельдік реакциялар және синтез жолдары анықталды. Келесі

кезенде гидразондардың синтезі және олардың құрылымын ИҚ-спектроскопия, ЯМР және элементтік талдау әдістерімен зерттеу жоспарлануда.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы – камфора негізінде жаңа гидразон туындыларын синтездеу және олардың құрылымдық ерекшеліктерін алғаш рет анықтау. Алынған қосылыстар болашақта фармацевтикалық немесе биологиялық белсенді заттар ретінде қолданылуы мүмкін. Камфора – табиғи терпен, оның туындылары химиялық белсенділігі жоғары, әсіресе карбонил тобы түрлі реакцияларға оңай түседі. Камфораның гидразондарын алу үшін негізінен оның альдегид немесе кетон топтарымен әрекеттесуі қолданылады. Әдебиеттерде әртүрлі гидразин туындылары (мысалы, фенилгидразин, семикарбазид, т.б.) қолданыла отырып алынған гидразондар сипатталған. Бұл қосылыстардың құрылымдық ерекшелігі – $C=N$ байланысының болуы және кең конъюгацияланған жүйелер құруға бейімділігі. Қазіргі таңда мұндай қосылыстардың биологиялық белсенділігі, атап айтқанда, микробқа қарсы және ісікке қарсы қасиеттері зерттелуде.

Камфора гидразондарының синтезі төмендегідей кезеңдермен жүзеге асырылады деп жоспарлануда:

- Камфорадан туынды алу;
- Гидразин туындыларымен конденсациялау;
- Алынған өнімдерді тазарту және құрылымын ИҚ-спектроскопия, ЯМР спектроскопия және элементтік талдау әдістерімен зерттеу;
- Қажет болған жағдайда қосымша модификациялау реакцияларын жүргізу (мысалы, ацилдеу, алкилдеу).

Жоғарыда көрсетілген жұмыстар нәтижесінде камфора негізінде жаңа гидразон туындылары алынады деп болжануда. Бұл қосылыстардың құрылымдық ерекшеліктері зерттеліп, олардың реакциялық қабілеттілігіне баға беріледі. Сонымен қатар, алынған қосылыстардың потенциалды биологиялық белсенділігі туралы болжам жасалып, келешекте оларды фармакологиялық зерттеуге ұсыну мүмкіндігі туындайды.

Қорытынды

Камфора гидразондары – көпфункционалды, құрылымы әртүрлі және ғылыми қызығушылық тудыратын қосылыстар. Бұл бағытта жүргізілетін зерттеу жаңа қосылыстар алу мен олардың құрылымын зерттеу тұрғысынан ғана емес, сондай-ақ оларды қолдану салаларын кеңейту үшін де маңызды. Тәжірибелік жұмыстардың аяқталуымен бұл зерттеудің нәтижелері ғылым мен практика үшін құнды ақпарат беретін болады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. Чугаев Л. А. Исследования в области терпенов и камфоры. – Directmedia, 2014.
2. Шокова Э. А., Ким Д. К., Ковалев В. В. Камфора и её производные. Неординарные превращения и биологическая активность //Журнал органической химии. – 2016. – Т. 52. – №. 4. – С. 471-499.

НАНОКАТАЛИЗАТОР МЕН СУТЕГІ ДОНОРЫНЫҢ ҚАТЫСЫНДАҒЫ БІРІНШІЛІК ТАС КӨМІР ШАЙЫРЫНЫҢ ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ ПРОЦЕСІНІҢ ОПТИМАЛДЫ ЖАҒДАЙЛАРЫ МЕН КИНЕТИКАСЫН АНЫҚТАУ

Ауыр шайырды жеңіл компоненттерге айналдыруға мүмкіндік беретін тас көмір шайырын каталитикалық өңдеу процесі шайыр сапасын жақсартудың перспективті әдісі болып саналады. Катализаторлар қатысындағы бастапқы ұшқыш компоненттердің екіншілік реакциясы арқылы ауыр шайырдың тотықсыздануына алып келетін каталитикалық крекинг процесі кеңінен зерттелуде. Каталитикалық крекинг процесінде Н/С молярлық қатынасының жоғарылауымен және шайырдағы S және N мөлшерінің төмендеуімен жеңіл шайырдың мөлшері 30,31%-ға дейін жоғарылайды.

Мұнай өнеркәсібінде гидрокрекинг процесінде катализаторлар ретінде қарапайым белсенді металдар Mo(W) – Ni(Co) қолданылады. Мұнаймен салыстырғанда, белсенді тас көмір шайырының құрамында азотты қосылыстардың үлесі жоғары болғандықтан, оны өндеуде гидрогенизация мен денитрификация процестерінде жоғары сипаттамалар мен белсенділік көрсеткен NiMo катализаторының қолданылуы ең тиімді таңдау болып табылады [1-5].

Сызықтық емес еселік корреляцияға және әсер етуші факторлар жүйесін статистикалық тұрғыда қарастыруға негізделген эксперименттерді математикалық жоспарлау әдісінің қолданылуы полиэтилен мен нанокатализатор қатысындағы белсенді тас көмір шайырының гидрогенизациясы процесінің оптималды жағдайларын анықтауға және эксперименттердің минималды санында бір уақытта барлық әсер етуші факторларды ескере отырып, процестің кинетикасын зерттеуге мүмкіндік берді.

Белсенді тас көмір шайырының гидрогенизациясы процесінің нанокатализаторы ретінде белсенді металл никельмен байытылған хризотил негізінде дайындалған нанокатализатор қолданылды.

Белсенді тас көмір шайырының гидрогенизация процесінің математикалық моделін құру үшін М.М. Протодяконов және И.В. Кириллос әдісінің негізінде құрастырылған, экспериментті жоспарлау матрицасы бойынша зертханалық эксперименттер жүргізілді.

Нәтижелер дербес компьютерде «OriginPro» бағдарламасының көмегімен өңделді. Операция реттілігі гидрогенизаттан алынатын 300°C-ге

дейінгі фракция шығымының жеке факторлар өзгерісіне тәуелділігін табуға негізделеді.

Нәтижесінде тендеу түрі, еселік корреляция коэффициенті R және оның маңыздылық көрсеткіші t_R анықталады.

Гидрогенизаттан алынатын 300°C-ге дейінгі фракция шығымын жеке функция деп қарастыра отырып, факторлар бойынша эксперименттік массив іріктеп алынды және жұмыста келтірілген ұсыныстарға сәйкес, факторлар деңгейлері бойынша функцияның орташа мәндері анықталды.

Содан кейін 300°C-ге дейінгі фракция шығымының әрбір зерттелуші факторға тәуелділігінің нүктелік графиктері тұрғызылып, олардың аппроксимациясы жүргізілді. Бұл орайда, модель адекватты болған жағдайда (маңызды корреляция коэффициенттері бойынша), ол сақталды, сәйкес келмеген жағдайда, одан да жоғары дәрежелі модельдер қарастырылды.

Әрбір жеке функцияның маңыздылығын тексеру мақсатында сызықтық емес еселік корреляция коэффициенті (R) және оның маңыздылық көрсеткіші анықталды:

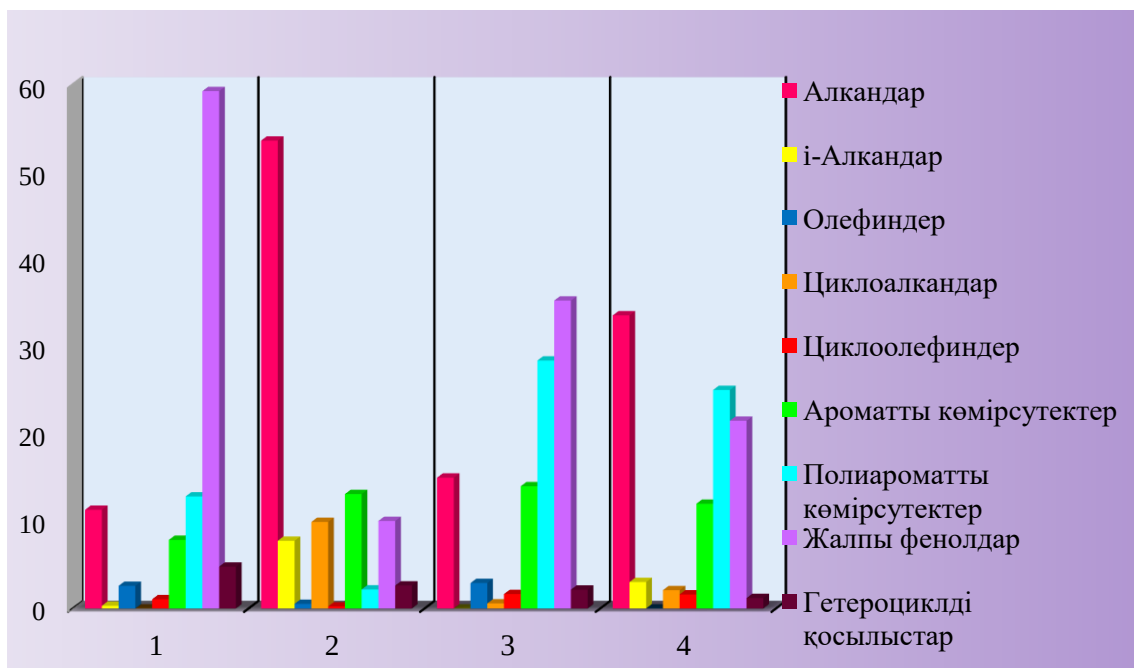
$$t_R = \frac{R\sqrt{N-K-1}}{1-R^2} > 2, (24)$$

мұнда N – сипатталған нүктелер саны;

K – әсер етуші факторлар саны.

Эксперименттік мәліметтер негізінде, сутегі доноры (полиэтилен) мен нанокатализатор қатысындағы белсенді тас көмір шайырының гидрогенизациясы процесінің оптималды жағдайлары анықталды: температура 410°C, қысым 4,0 МПа, процесс ұзақтығы 80 мин, алынған нанокатализатор мөлшері, бастапқы шикізат массасына есептегенде, 1 масс.%-ды және полимер мөлшері 2 масс.%-ды құрады.

Оптималды жағдайда алынған гидрогенизат шығымы 70%-ды, оның ішінде жеңіл фракция шығымы 17% және орта фракция шығымы 35%-ды құрады.



1 – бастапқы шайырдың 200°C-ге дейінгі фракциясы; 2 – гидрогенизаттың 200°C-ге дейінгі фракциясы; 3 – бастапқы шайырдың 200-300°C температура аралығындағы фракциясы; 4 – гидрогенизаттың 200-300°C температура аралығындағы фракциясы

Сурет 2 – Бастапқы белсенді тас көмір шайырыны мен гидрогенизаттың 200°C-ге дейінгі және 200-300°C температура аралығындағы фракцияларының топтық химиялық құрамы

2-суретте бастапқы белсенді тас көмір шайырымен гидрогенизаттың 200°C-ге дейінгі және 200-300°C температура аралығындағы фракцияларының топтық химиялық құрамы көрсетілген. Бастапқы БТШ-ның 200°C-ге дейінгі және 200-300°C температура аралығындағы фракцияларының жеке және топтық химиялық құрамы берілген.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

- 1 Радченко Е.Д., Нефедов Б.К., Алиев Р.Р. Промышленные катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки. – М.: Химия, 1997. – 223 с.
- 2 Нефедов Б.К., Радченко Е.Д., Алиев Р.Р. Катализаторы процессов углубленной переработки нефти. – М.: Химия, 1992. – 265 с.
- 3 Смагулова Н.Т., Каирбеков Ж.К., Малолетнев А.С. и др. Применение наногетерогенных молибденсульфидных катализаторов при гидрооблагораживании смолы полукоксования угля месторождения Шубаркуль // Химия твердого топлива. – 2020. – №4. – С. 28-33.
- 4 Зекель Л.А., Краснобаева Н.В., Кадиев Х.М. и др. Применение нанокаталитических систем для глубокой переработки углей и тяжелого нефтяного сырья // Химия твердого топлива. – 2010. – №6. – С. 22-30.
- 5 Vivero L., Barriocanal C., Alvarez R. et al. Effects of plastic wastes on coal pyrolysis behaviour and the structure of semicokes // J. Anal. Appl. Pyrolysis. – 2005. – Vol. 74, №1-2. – P. 327-336.

OPTIMIZING AMYLOIDOSIS TREATMENT: NATURAL BIOACTIVE DELIVERY VIA CHITOSAN-BASED HYDROGELS

Abstract:

Amyloidosis, a disease characterized by the misfolding and aggregation of proteins such as transthyretin (TTR), presents significant therapeutic challenges. Effective treatment requires targeted and sustained delivery of bioactive substances to affected tissues. Natural compounds such as curcumin have demonstrated potential in stabilizing TTR tetramers, thereby inhibiting amyloid fibril formation. However, curcumin's clinical application is hindered by its poor water solubility and low bioavailability. This study explores the potential of chitosan-based hydrogels as an optimal delivery system for natural bioactive compounds, such as curcumin, in amyloidosis therapy. Encapsulating curcumin within such hydrogels can enhance its stability and provide controlled, sustained release at targeted sites. These hydrogels exhibit remarkable self-healing and tissue-adhesive properties, enhancing localized and prolonged drug release while minimizing systemic side effects. Their biocompatibility, biodegradability, and ability to adhere to biological tissues make them particularly suitable for delivering small hydrophobic agents such as curcumin, which has demonstrated anti-amyloidogenic activity. Moreover, the inherent properties of chitosan contribute to the hydrogel's antimicrobial and anti-inflammatory effects, further supporting tissue regeneration. By leveraging the unique advantages of chitosan-based hydrogels, this approach offers a promising strategy for improving the efficacy and safety of amyloidosis treatments.

Acknowledgement

The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 21-74-20093-P)

References:

1. L. Ciccone, N. Tonali, S. Nencetti. Natural compounds as inhibitors of transthyretin amyloidosis and neuroprotective agents: analysis of structural data for future drug design. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry* 2020, 35(1), 1145–1162 <https://doi.org/10.1080/14756366.2020.1760262>
2. D. WuL, W. Chen. Molecular mechanisms and emerging therapies in wild-type transthyretin amyloid cardiomyopathy. *Heart Failure Reviews*, 2024, 29:511–521. <https://doi.org/10.1007/s10741-023-10380-9>

ТОПЫРАҚТАН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН STREPTOMYCES ТУЫСЫ АКТИНОМИЦЕТТЕРІНІҢ АНТАГОНИСТТІК ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Жаңа антибиотиктерді жасау жолдары жаңа табиғи заттардың продуценттерінің скринингімен, қазіргі таңда танымал антибиотикалық құрылымдарының химиялық трансформациясы көмегімен, гендік инженерия әдістерін қолданумен байланысты. Ол үшін мынадай шешімдер жүзеге асырылуда: екіншілік метаболиттер ретінде антибиотик биосинтезіне продуцент геномына енгізілген гендерлокализациясын зерттеу, генетикалық ақпаратты тасымалдаушы векторларды құру, бөтен гендердің экспрессиясы кезінде клеткаішілік барьерлерді өту жолдарын өңдеу, патоген және адам геномын анықтау, жаңа спецификалық нысана-гендерді іздеу.

Балгимбаева А.С., Рымжанова З.А. деген ғалымдар қатары Оңтүстік Қазақстан облысының топырағынан бөлініп алынған актиномицеттердің антагонисттік қасиеттерін зерттеді. Бұл жұмыста *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae* 444, *Mycobacterium citreum* – ға қатысты жоғары белсенділікке ие № 16, 18, 70 штаммдарының антимикробтық қасиеттері зерртелді. Бұл жұмыстың мақсаты - Оңтүстік Қазақстан облысының топырағынан актиномицеттерді бөліп алу және оардың морфологиялық, хемотоксономиялық және антагонисттік қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Топырақ актиномицеттерін бөліп алу үшін Оңтүстік Қазақстан облысының 10-30 см тереңдіктен алынған лайлары (ил) қолданылды. Селективті фактор ретінде 25 мкг/мл және 50 мкг/мл мөлшерінде сәйкесінше розеофунгин және канамицин антибиотиктерінің комплексі қоладанылды; бұл оптимальді нұсқа болып есептеледі [1].

Антагонисттердің біріншілік идентификациясын дақылды-морфологиялық (Гаузе 1 және 2 қоректік орталары), антагонисттік және хемотоксиконномиялық қасиеттері бойынша жүргізілді.

Диагностикалық қоректік орталарда ауалы мицелийдің даму дәрежесі, сипаты, түсі, белгіленді; субстратты мицелийдің боялу дәрежесі және ерігіш пигменттердің болу, болмауы анықталды. Клетка қабырғасының типін анықтауда қағаз хроматографиясы әдісімен ДАПҚ болуы және формасы (мезо- немесе LL) көмегімен жүргізілді, ал дифференциациялаушы қанттардың құрамы Лешевалье әдісі бойынша бүтін клеткалар гидролизаттарында анықталды.

Біріншілік идентификация нәтижесінде жоғары антагонисттік қасиеті бар актиномицеттер штаммдарын оптимальді өсуін қамтамасыз ететін А4 және 5339 қоректік орталарда өсірілді.

Антибиотик биосинтезі үшін егу материалы ретінде зерттелетін штаммдардың 48-сағаттық дақылдары алынды [2].

Әр түрлі қоректік орталарда дақылдардың өнімділігін бағалау келесі көрсеткіштер арқылы жүзеге асырылды: биомасса салмағы (г/л), дақылдық сұйықтықтан бутанолды экстракт антибиотикалық активтілігінің мөлшері, ал мицелийден – ацетонды. Сығылған биомасса салмағы өлшеу арқылы анықталды. Агарға диффуздау әдісі көмегімен Гаузе 2 қоректік ортасында антибактериалдық белсенділігі байқалды.

Бұл жұмыстың нәтижесінде антагонисттік қасиеттерді зерттеу бойынша дақылды-морфологиялық қасиеттері жағынан қызығушылық тудыратын және активтілігі бойынша айрықша ерекшеленетін актиномицеттердің 22 штаммы сұрыпталды. Дақылдардың туыстық тегін анықтауда маңызды критерий болып саналатын клетка қабырғасының құрамында галактоза, арабиноза, мадуроза және ксилоза сияқты дифференциацияланушы қанттар және 2,6-ДАПҚ мезо- немесе LL формаларының бар екені анықталды.

Бұл зерттеу жұмысында *Streptomyces* изоляттарын продуцирлейтін антибиотиктерде маңызды биологиялық қасиеттерді анықтау жүргізіледі, мысалы, өсу стимулдеуші заттарды ортаға бөлу қасиеті.

Антагонист-микробтар және өсустимулдеуші микробтарды практикада қолдану мәселесі көптеген сұрақтарды зерттеп шешуді қажет етеді. Бұл, біріншіден, микроорганизм-продуценттердің жекелей түрлерінің биологиялық қасиеттерін және олармен синтезделетін метаболиттердің табиғатын білу қажет. Сонымен қоса, өсімдіктер үшін залалды емес әсерлі мөлшерді қарастыру; микробтық препараттарды қолдану формалары және әдістерін білу қажет [3].

Микроорганизмдермен синтезделетін өсімдіктердің өсуін ынталандыратын заттар алуан түрлі болады. Актиномицеттер алуан түрлі ауыл шаруашылық өсімдіктердің тамырларымен ассоциативті симбиоздың құрылуына ықпал етеді, бұл жерде олар өсу және дамуды ынталандырады; сонымен қатар, еркін тіршілік ететін түрлер де баршылық, алайда олар да өсімдіктердің өсуі мен дамуын ынталандыруға қатысады.

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты жаңа антибиотикалық құрылымдардың продуценттері болып табылатын *Streptomyces* табиғи изоляттарының өсу-стимулдеуші қасиеттерін және ауыл шаруашылық дақылдардың өнімділігін жоғарылату үшін айрықша эффективті штаммдарды сұрыптау болып табылады [4].

Зерттеу жұмысының әдістері.

Жаңа антибиотикалық қосылыстарды продуцирлеуге арнайы тест-скрининг өткен *Streptomyces* изоляттары себу алдындағы ауыл

шаруашылық дақыл-дардың тұқымдарын өңдеу кезінде олардың өсустимулдеуші белсенділігін бағалау үшін қолданылды. Бұл жұмыста келесі сорттар қолданылды: бидай – “Интенсивный”, бұршақ - “Цыганка”, арпа – “Лопатка”. Себу алдында тұқымдарды өңдеу үшін стрептомицеттердің алуан түрлі штаммдарының 5-6 тәулік дақылдарының алуан түрлі дозаларын – 102 кл/мл, 103 кл/мл, 104 кл/мл, 105 кл/мл және 106 кл/мл. Алдымен, ауыл шаруашылық дақылдардың тұқымдары KMnO_4 әлсіз ерітіндісімен 1 сағат көлемінде дезинфекциялау жүргізілді. Одан кейін дайындалған әрбір дозада тұқымдар ылғалдандырылды.

Тұқымдардың экспозициялық уақыты алуан түрлі болды: 3 сағат, 6, 12 және 24 сағат. Бақылауда тұқымдар стерильді суда ылғалдандырылды. Өсустимулдеуші физиологиялық белсенді қосылыстар продуцирлейтін ерекше белсенді продуценттерді зерттеудің бірінші кезеңінде лабораториялық сатысында сұрыптап алынды. Тұқымдар ылғалдандырылған фильтр қағазы бар Петри табақшаларына 20 данадан орналас-тырылды, 22°C температурада 5 тәулікте өсірілді. Одан кейін өсу стимулдеуші эффект анықталды: тұқымның өнуі, органдардың өсу интенсивтілігі, тамырлардың, сабақтардың қалыптасуы бойынша және биомассаның жалпы салмағы бойынша. Полимеразалы тізбектік реакциясы Gene Amp System 2400 (“Perkin Elmer”, АҚШ) циклерінде жүргізілді [5].

Зерттеу жұмысының нәтижелері.

Қолданылған *Streptomyces* туысының 15 штаммының арасында ауыл-шаруашылық өсімдіктер тұқымдарына және көктеуіне ерекше өсустимулдеуші белсенділікке ие тек 2 штамм алынды: gn-2 және mst-8. gn-2 штаммы теңіз деңгейінен 2198 м биіктікте Джети-Огуз аңғары қара топырағынан бөлініп алынған, ал mst-8 штаммы Ыстықкөл облысының топырағынан бөлініп алынды. Осылайша, бұл сұрыптап алынған 2 штамм 3 қайталамамен табиғи жағдайларға жақын эксперименттерде қолданылды. Тұқымдарды өсіру топырақтың 2 типі қолданылды: таулы қара топырақ және шабындық сұр топырақ. Егу алдында тұқымдарды өңдеу үшін 2 түрлі доза қолданылды: gn-2 штаммы үшін – 104-106 кл/мл, ал mst-8 штаммы – 103-105 кл/мл.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. Емцев В.Т. Микробиология: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Дрофа, 2020-445 б.
2. Бигалиев А., Жамалбеков Е., Білдебаева Р. Қазақстан топырағы және оның экологиясы. (Оқу құралы) .- Алматы, Санат, 2019.
3. Жамалбеков Е., Білдебаева Р. Топырақтану және топырақ географиясы мен экологиясы. Алматы, 2021.
4. Качинский.Н.А. Топырақ ,оның қасиеттері мен өмірі. Қазақ мемлекет баспасы. Алматы, 2020.
5. Мириманян К.П. Почвоведение. М., «Колос», 2018.

БИОТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С КОЛЛАГЕНОМ И АНТИОКСИДАНТАМИ

Коллаген широко применяется в мясной промышленности в качестве функционального белка, однако его применение в молочной отрасли остаётся ограниченным и требует дальнейших исследований. Современные публикации свидетельствуют о преимущественном применении коллагеновых гидролизатов в производстве йогуртов, сметанных и кисломолочных продуктов, с акцентом на их биодоступность, органолептические и физико-химические свойства [1, 2, 3, 4]. Влияние различных форм коллагена на структурно-механические характеристики молочных продуктов, несмотря на наличие отдельных исследований [1, 2], остаётся изученным недостаточно полно. В настоящем исследовании впервые применён негидролизированный сухой коллагенсодержащий концентрат из побочных продуктов птицепереработки (кожа, кости, лапки), полученный ферментативным методом с сохранением тройной спиральной структуры белка. В отличие от гидролизатов, он обладает выраженными гелеобразующими и влагосвязывающими свойствами, позволяя использовать его как эффективный структурообразователь в творожных продуктах. Дополнительно введён экстракт из плодово-ягодных растений, содержащий природные антиоксиданты (флавоноиды, витамины С и Е), что повышает биологическую ценность и устойчивость продукта. Научная новизна заключается в комплексном применении белкового и антиоксидантного компонентов для создания творожного продукта, предназначенного для спортивного и оздоровительного питания.

Целью исследования является разработка технологии творожного продукта с коллагенсодержащим концентратом и растительным экстрактом для спортивного питания с оценкой их влияния на стабильность и сохранность качества продукта при хранении.

Объектами исследования стали два варианта творожного продукта: контрольный образец без наполнителей и опытный образец, обогащённый 8% коллагенсодержащего концентрата и 4% плодово-ягодного экстракта. Коллагенсодержащий концентрат получен из вторичных продуктов птицеперерабатывающей промышленности (кожа, кости, лапки) ферментативным гидролизом с сохранением тройной спиральной структуры белка, затем высушен сублимацией при -44°C . Экстракт из облепихи и шиповника получен с использованием 75% этанола в соотношении 1:5 с последующим сгущением до вязкой массы. В опытный образец творожного продукта внесены 8% коллагенсодержащего

концентрата и 4% экстракта из облепихи и шиповника. Для подтверждения эффективности разработанной технологии творожного продукта была проведена экспериментальная оценка стабильности продукта в условиях хранения. В течение пяти суток хранения при температурах 0 °С, +2 °С, +4 °С и +6 °С проводили оценку структурно-механических характеристик исследуемых образцов творожного продукта. По результатам анализа установлено, что наиболее оптимальные показатели сохраняются при температуре +2 °С на протяжении 3 суток. В тезисе представлены графические материалы, иллюстрирующие ключевые параметры, характеризующие структурно-механическую стабильность продукта при оптимальном режиме хранения.

Результат исследования изменения эффективной вязкости и коэффициента потери вязкости в исследуемых образцах в процессе хранения представлены на рисунках 1 и 2.

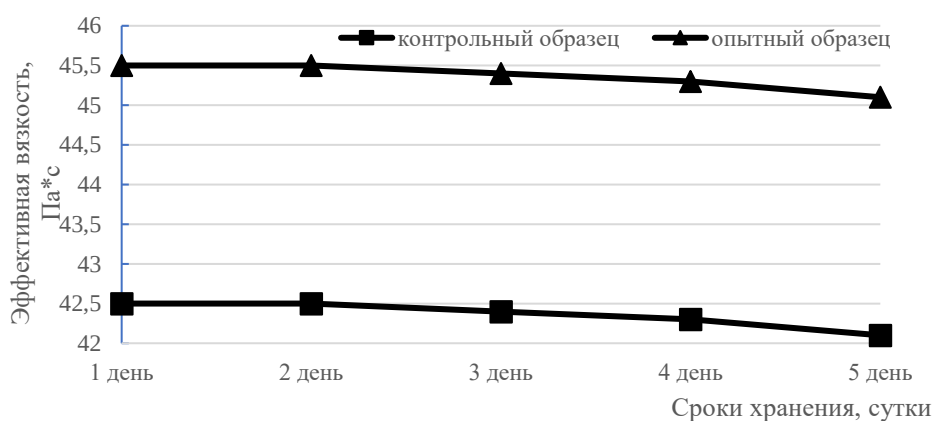


Рисунок 1 – Показатель эффективной вязкости в исследуемых образцах в процессе хранения

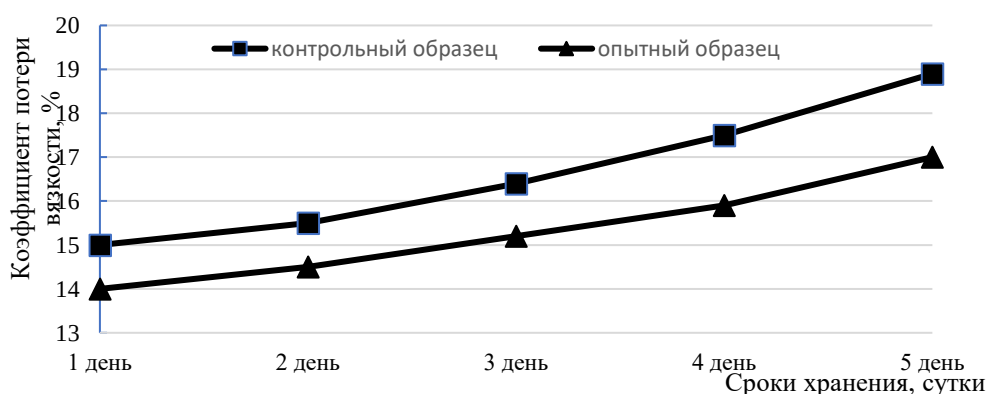


Рисунок 2 – Показатель коэффициента потери вязкости в исследуемых образцах в процессе хранения

Сравнительный анализ показателей структурно-механической стабильности творожного продукта при хранении при температуре +2 °С показал, что опытный образец, обогащённый коллагенсодержащим

концентратом и экстрактом из облепихи и шиповника, демонстрировал более низкий коэффициент потери вязкости (увеличение на 21% против 26% в контрольном образце) и более высокие значения эффективной вязкости (снижение всего на 0,4 Па·с при сохранении уровня 45,5–45,1 Па·с). Эти показатели имеют важное технологическое значение, поскольку характеризуют устойчивость продукта к разрушению структуры и сохраняемость текстурных свойств в процессе хранения, что напрямую определяет потребительские свойства, срок хранения и функциональную ценность готового продукта. Полученные данные подтверждают, что применение белково-антиоксидантного комплекса способствует повышению стабильности кисломолочного продукта при оптимальном температурном режиме хранения.

Дополнительно была оценена влагосвязывающая способность творожного продукта, являющаяся ключевым показателем его структурной устойчивости и способности удерживать влагу в процессе хранения. Установлено, что опытный образец демонстрировал более высокие значения влагосвязывающей способности на всём протяжении хранения (до 84% на 2-е сутки против 80% в контрольном образце), что обусловлено действием коллагенсодержащего концентрата и экстракта плодово-ягодных растений. Повышенная влагосвязывающая способность предотвращает синерезис и обеспечивает сохранение однородной текстуры творожного продукта в течение срока хранения.

Таким образом, применение 8 % сухого коллагенсодержащего концентрата и 4 % экстракта композиции облепихи крушиновой и шиповника коричный в составе творожного продукта позволяет повысить его структурную устойчивость, влагосвязывающую способность и сохранить стабильные органолептические характеристики в процессе хранения. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанной технологии для создания творожных продуктов, ориентированных на спортивное и оздоровительное питание. Комплексное использование сухого коллагенсодержащего концентрата и экстракта композиции облепихи крушиновой и шиповника коричный способствует увеличению срока хранения и функциональной ценности готового продукта.

Список использованных источников:

1. Гинзбург М.А., Дунченко Н.И. Влияние вида коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов // *Молочная промышленность*. – 2023. - №4. – С.25-27.
2. Мусина О.Н., Нагорных Е.М. Влияние коллагена на структурно-механические характеристики плавленого сыра // *Ползуновский вестник*. – 2023. - №2. – С.112-118.
3. Szopa K., Znamirska-Piotrowska A., Szajnar K. et. all. Effect of Collacen Types, Bacterial Strains and Storage Duration on the Quality of Probiotic Fermented Sheep's Milk // *Molecules*. – 2022. – No.27 (9). - <https://doi.org/10.3390/molecules27093028>.
4. Znamirska A., Szajnar K., Pawlos M. Probiotic Fermented Milk with Collagen // *Dairy*. – 2020. – No. 1 (2). – pp. 126-134.

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Введение. Современные полимерные материалы требуют углублённого изучения термической устойчивости, особенно в условиях эксплуатации при повышенных температурах. Особый интерес представляют сополимеры на основе п-ПГФФ с акриловой кислотой [1-2], используемые в составе гидрогелей. Их разложение при нагревании сопровождается сложными физико-химическими превращениями, требующими моделирования для предсказания поведения. Для описания таких процессов целесообразно применять математические и численные методы [3-5], способные отразить кинетическую природу разложения и определить энергию активации (E_a), предэкспоненциальный множитель (A), а также идентифицировать функциональные группы методом ИК-спектроскопии.

Экспериментальные методы

Исследование проводилось на термическом анализаторе Netzsch STA 449 F3 в атмосфере азота и воздуха при скорости нагрева 10 °С/мин. Объект — сополимеры п-ПГФФ:АК с различными мольными соотношениями. IR-спектры регистрировались с использованием FTIR-спектрометра Bruker Alpha II. Для спектральной интерпретации применялся квантово-химический метод DFT (B3LYP/6-31G(d)) с помощью программы Gaussian 16.

Математические методы

Обработка ТГА-данных производилась по уравнению Аррениуса. Для вычисления кинетических параметров применялись:

Метод наименьших квадратов (МНК) для линейной регрессии зависимостей $\ln(d\alpha/dt)$ от $1/T$.

Нормальные уравнения (Normal equations): аналитическое решение системы МНК.

Разложение Холецкого (Cholesky) для симметричных положительно определённых матриц.

QR-разложение через ортогонализацию Грама–Шмидта.

Сингулярное разложение (SVD) для устойчивых решений при неполном ранге матрицы.

Все методы реализованы в Python (библиотеки NumPy, Matplotlib, scikit-learn).

Результаты и обсуждение

Анализ ИК-спектров подтвердил присутствие ключевых функциональных групп (C=O, C=C, O–H) и их корреляцию с модельными спектрами.

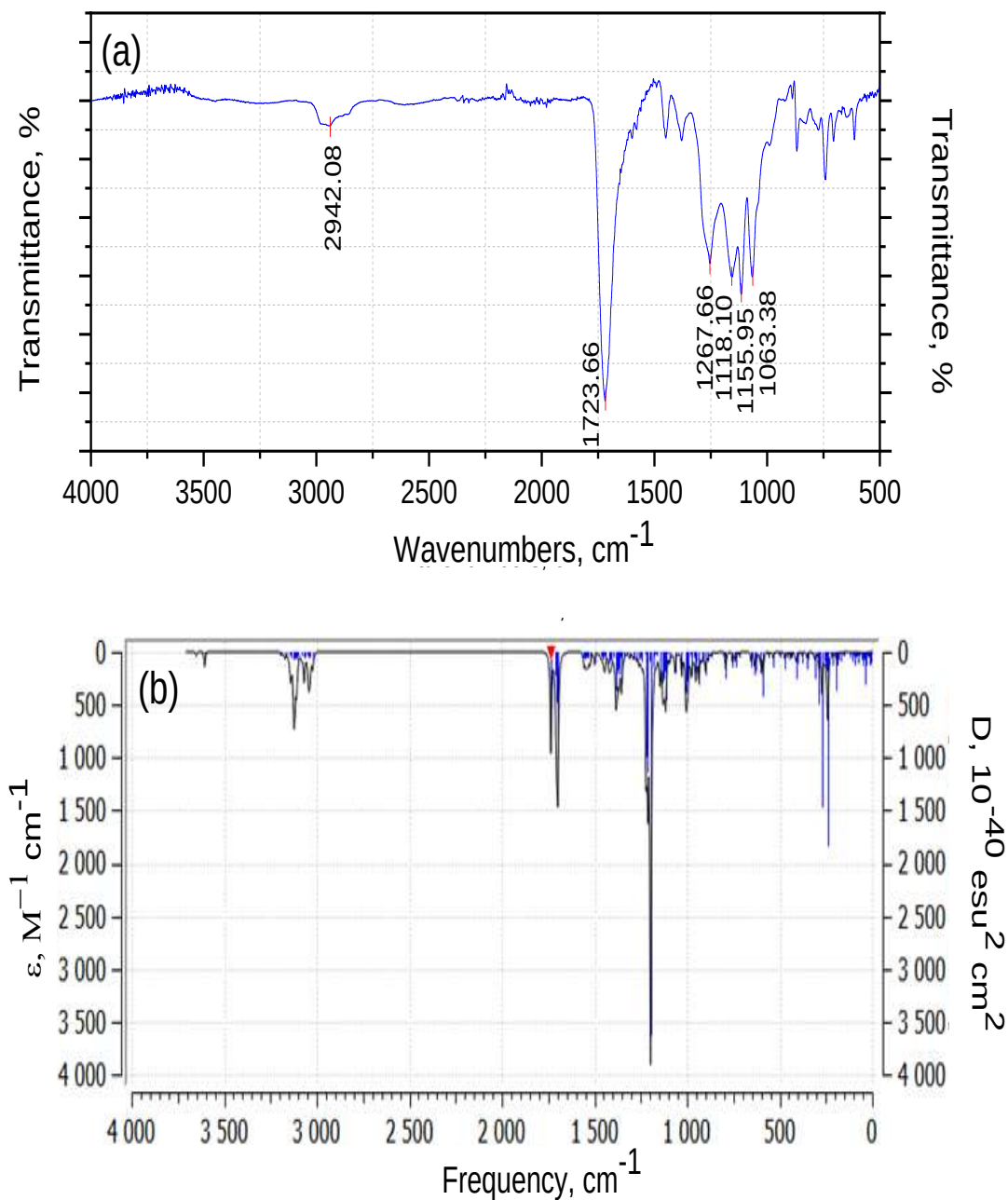


Рисунок 1. Экспериментальный ИК-спектр сополимера п-ПГФФ с АК (a) и расчетно-теоретический колебательный спектр модельной структуры (b)

Совпадение интенсивных полос C=O и C=C в диапазоне 1700–1600 cm^{-1} между экспериментом и расчётом подтверждает наличие сопряжённых карбонильных групп и эффективность теоретической модели.

Для каждого образца рассчитаны значения E_a и A , полученные методами:

Метод	E_a (кДж/моль)	$A \cdot 10^8$ (мин ⁻¹)
Нормальные ур.	205.22	3.77
Холецкий	207.21	4.46
QR-разложение	206.23	4.13
SVD	206.23	4.13

*Более подробные расчёты и полные спектры приведены в статье: Zhumanazarova G.M., Sarsenbekova A.Zh., Abulyaissova L.K. и др., <https://doi.org/10.3390/polym17091197>.

QR- и SVD-разложения показали наиболее устойчивые результаты при наличии вычислительных шумов, что критично при анализе экспериментальных данных. Метод Холецкого обеспечивает быструю сходимость, но может быть чувствителен к округлению. МНК позволил аппроксимировать термограммы с высоким значением $R^2 > 0.99$, демонстрируя адекватность модели.

Выводы. Предложенная система математического анализа термической деструкции сополимеров п-ПГФФ:АК позволила:

- получить точные значения E_a и A с использованием различных алгоритмов.
- продемонстрировать высокую корреляцию теоретических спектров с экспериментальными ИК-данными.
- подтвердить эффективность численных методов (QR, SVD) при нестабильности входных данных.
- предложить универсальный алгоритм оценки кинетических параметров, пригодный для других типов полимеров.

Предложенная методология может быть адаптирована для исследования термической стабильности других типов полимеров, включая сложные сополимеры, биополимеры и функционализированные материалы, что делает её универсальным инструментом в задачах термокинетики и спектральной интерпретации.

Список использованных источников:

1. Sarsenbekova A.Zh., Zhumanazarova G.M., Yildirim E., Tazhbayev Y.M., Kudaibergen G.K. RAFT agent effect on graft poly(acrylic acid) to polypropylene glycol fumarate phthalate // *Chemical Papers*. 2024. Vol. 78. P. 3831–3844. DOI: 10.1007/s11696-024-03354-0.
2. Sarsenbekova A.Zh., Zhumanazarova G.M., Tazhbayev Y.M., Kudaibergen G.K., Kabieva S.K., Sarsenov D.Z. Research the Thermal Decomposition Processes of Copolymers Based on Polypropyleneglycolfumaratephthalate with Acrylic Acid // *Polymers*. 2023. Vol. 15, No. 7. P. 1725. DOI: 10.3390/polym15071725.
3. Bau D., Trefethen L. *Numerical Linear Algebra*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 1997. 272 p.
4. Cramer C.J. *Essentials of Computational Chemistry*. 2nd ed. New York: Wiley, 2002. 595 p.
5. Koga N., Vyazovkin S., Burnham A., Favregeon L., Muravyev N., Pérez-Maqueda L., Saggese C., Sánchez-Jiménez P. ICTAC Kinetics Committee recommendations for analysis of thermal decomposition kinetics // *Thermochimica Acta*. 2023. Vol. 719. P. 1–23. DOI: 10.1016/j.tca.2022.179384.

УДК: 678.5:536.423:519.87

Жуманазарова Г.М. (Темиртау, КарИУ)

Сарсенбекова А.Ж. (Караганда, КарУ им. Е.А. Букетова)

Советова С. Ж. (Караганда, КарУ им. Е.А. Букетова)

Исанова Б.Х. (Темиртау, КарИУ)

Керуенбаева Ф.С. (Темиртау, КарИУ)

МЕХАНИЗМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ГИДРОГЕЛЕВЫХ МАТРИЦ

Введение. Современные полимерные материалы, особенно сополимеры на основе ненасыщенных полиэфиров, таких как полипропиленгликольфумаратфталат (п-ПГФФ), модифицированные акриловой кислотой, находят широкое применение в гидрогелевых системах, сорбентах и композиционных материалах. Однако их термостабильность и поведение при нагревании остаются ключевыми факторами, ограничивающими область применения при повышенных температурах. Изучение термического разложения таких сополимеров позволяет не только оценить устойчивость материала, но и выявить молекулярные механизмы деструктивных процессов.

Особый интерес представляет поэтапный механизм термической деструкции сополимеров п-ПГФФ:АК, в составе которых преобладает акриловая кислота. Разложение этих систем происходит через каскад сложных физико-химических превращений, включающих инициацию, радикальное распространение, элиминацию летучих соединений, образование циклических и ароматических структур, завершаясь формированием углеродсодержащего остатка.

Для визуализации и качественного анализа такого механизма на рисунке 1 представлена схематика стадий термического разложения сополимера п-ПГФФ:АК с составом 6,77:93,23 мол. %, отражающая ключевые этапы деструкции полимерной матрицы. Анализ указанных стадий необходим для глубинного понимания поведения сополимера при термическом воздействии, идентификации промежуточных продуктов, а также для последующего построения кинетических моделей с использованием термогравиметрического анализа и ИК-спектроскопии.

Таким образом, цель настоящего исследования — рассмотреть поэтапный механизм термической деструкции исследуемого сополимера, с акцентом на формирование активных радикалов, структурную перестройку и образование коксового остатка при повышенных температурах.

Механизм термического разложения сополимера полипропиленгликольфумаратфталата с акриловой кислотой с составом 6,77:93,23 мол. % представлено в виде последовательности стадий, отражающих основные пути деструкции (рисунок 1). На рисунке 1 показаны следующие важные этапы термического разложения сополимера:

1) Инициация – начальная стадия, включающая разрыв слабых связей в полимерной цепи, что запускает процесс технологического разложения.

2) Распространение – процесс, при котором образуются активные радикалы, которые стимулируют дальнейшее развитие полимера. В результате структурных изменений в цепи начинают образовываться продукты разложения.

3) Элиминация – стадия, на которой достигаются летучие соединения, такие как углекислый газ (CO_2), монооксид (CO) и другие небольшие молекулы.

4) Образование промежуточных продуктов – в ходе термической деструкции происходят циклические и ароматические соединения, которые в перспективе могут преобразовываться в твёрдые остатки.

5) Конечный продукт – углеродистый остаток (коксовый осадок), остающийся после завершения всех стадий разложения.

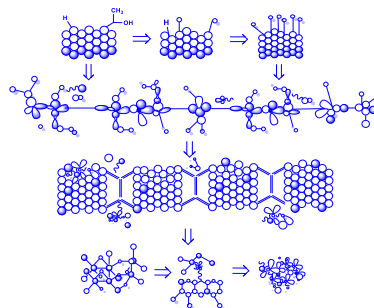


Рисунок 1. Механизм деструкции сополимера п-ПГФФ:АК под воздействием температуры

Таким образом, понимание механизма термической деструкции сополимеров п-ПГФФ:АК имеет ключевое значение для прогнозирования их поведения при нагревании и повышения термостойкости. Представленная схема разложения отражает типичные радикальные и конденсационные процессы, характерные для полиэфир-акрилатных систем [2, 6, 7]. Применение современных аналитических методов, в том числе термогравиметрического анализа и моделирования по рекомендациям ИСТАС [5], позволяет детализировать стадии деструкции и установить структурные особенности, влияющие на их термохимическое поведение.

Список использованных источников:

1. Mishra R., Mohanty S., Nayak S.K. Mechanisms of thermal degradation of polymers: a review // *Polymer Degradation and Stability*. 2021. Vol. 190. P. 109642. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2021.109642.
2. Laoutid F., Bonnaud L., Alexandre M., Dubois P. Thermal decomposition of polymer blends: mechanism and modeling // *Thermochimica Acta*. 2020. Vol. 689. P. 178653. DOI: 10.1016/j.tca.2020.178653.
3. Sarsenbekova A.Zh., Zhumanazarova G.M., Tazhbayev Y.M., Kudaibergen G.K., Kabieva S.K., Sarsenov D.Z. Research the Thermal Decomposition Processes of Copolymers Based on Polypropyleneglycolfumaratephthalate with Acrylic Acid // *Polymers*. 2023. Vol. 15, No. 7. P. 1725. DOI: 10.3390/polym15071725.
4. Koga N., Vyazovkin S., Burnham A., Favregeon L., Muravyev N., Pérez-Maqueda L., Saggese C., Sánchez-Jiménez P. ICTAC Kinetics Committee recommendations for analysis of thermal decomposition kinetics // *Thermochimica Acta*. 2023. Vol. 719. P. 1–23. DOI: 10.1016/j.tca.2022.179384.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІҢ ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНЕ ҚОСЫЛУЫ

Қазақстанның урбанизация деңгейінің жоғарылауы, халық санының өсуі және тұтынушылық мәдениеттің дамуы қатты тұрмыстық қалдықтардың көлемінің артуына әкелді. Осыған байланысты, ҚТҚ-ның эколого-экономикалық бағалауы қазіргі уақытта өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

Қатты тұрмыстық қалдықтардың экологиялық әсері. Қазақстанда қатты тұрмыстық қалдықтардың көлемі жыл сайын артып келеді. Бұл жағдай қоршаған ортаға теріс әсерін тигізеді, себебі ҚТҚ-ның көпшілігі табиғи процестермен ыдырамайтын, ұзақ уақыт бойы қоршаған ортада қалып қоятын материалдардан тұрады.

ҚТҚ құрамындағы пластик, металл, шыны және басқа да материалдар табиғатта бірнеше жүздеген жылдар бойы ыдырамайды. Бұл өз кезегінде экожүйелерге, топыраққа, су ресурстарына және ауаға зиянды заттардың таралуына әкеледі. Мысалы, пластик қалдықтары су қоймалары мен теңіздерде жиналып, су жануарларына зиян келтіреді, ал улы химикаттар мен ауыр металдар топырақтың сапасын төмендетіп, ауыл шаруашылығының өнімділігіне кері әсерін тигізеді.

ҚТҚ-ның экономикалық аспектілері. Қатты тұрмыстық қалдықтар тек экологиялық проблема ғана емес, сонымен қатар экономикалық тұрғыда да үлкен шығындарға әкеледі. ҚТҚ-ны жинау, тасымалдау және қайта өңдеу жұмыстары үшін жергілікті бюджеттер көп қаржы жұмсайды. Қазақстандағы ҚТҚ басқару жүйесінің тиімсіздігі, әсіресе қалдықтардың қайта өңделу деңгейінің төмен болуы экономикалық шығындарды ұлғайтады. Қалдықтардың көпшілігі жер қойнауына көміледі немесе ашық жерлерде жиналады, бұл экологиялық зияндардан басқа, елеулі қаржы шығындарын да талап етеді [1].

Қазақстанда ҚТҚ басқару жүйесінің жағдайы. Қазақстанда ҚТҚ басқарудың қазіргі жүйесі жеткілікті дамымаған. Жаңа қалдықтарды қайта өңдеу технологияларын енгізу, қалдықтарды бөлек жинау және сұрыптау жүйесін жетілдіру қажеттілігі өзекті болып отыр. Қала халқының ҚТҚ-мен жұмыс істеу мәдениетін арттыру, азаматтарды экологиялық жауапкершілікке тәрбиелеу маңызды бағыттардың бірі болып табылады.

Қазақстандағы ҚТҚ қайта өңдеу деңгейі әлі де төмен, ал олардың көпшілігі полигондарға төгіледі. Бұл жағдай экологиялық зияндарға алып келеді және жаңа қайта өңдеу зауыттарының құрылысын қажет етеді.

ҚТҚ-ны эколого-экономикалық тұрғыдан бағалауда бірнеше маңызды көрсеткіштер ескеріледі:

1. Қалдықтардың көлемі мен құрамы – ҚТҚ құрамындағы әртүрлі материалдардың (пластик, металл, ағаш, қағаз, органикалық қалдықтар) мөлшерін анықтау.

2. Қайта өңдеу деңгейі – ҚТҚ-ның қаншалықты мөлшері қайта өңделіп, жаңа өнімдерге айналатынын бағалау.

3. Қоршаған ортаға әсері – ҚТҚ-ның қоршаған ортаға зиянды әсерлерін бағалау, оның ішінде топырақтың ластануы, ауаға шығатын зиянды заттар және судың ластануы.

4. Экономикалық шығындар мен пайда – ҚТҚ жинау, тасымалдау және қайта өңдеу үшін жұмсалатын шығындарды бағалау, сондай-ақ қалдықтарды тиімді басқару нәтижесінде пайда болатын экономикалық тиімділікті есептеу [2].

Қатты тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесіне жасанды интеллект (ЖИ) қосылып, бұл экологиялық және экономикалық тиімділікті арттыруға елеулі әсер етуі мүмкін. Жасанды интеллекттің бірнеше қолдану салалары бар, олар ҚТҚ-ның басқаруын жақсартып алады.

1. Қалдықтарды автоматты сұрыптау жүйелері. Жасанды интеллектке негізделген жүйелер қалдықтарды автоматты түрде сұрыптауға көмектесіп алады. Камералар мен сенсорлар арқылы қалдықтардың түрі мен құрамын анықтайтын жүйелер орнатуға болады. Бұл технологиялар пластикті, қағазды, шыныны, металды және органикалық қалдықтарды тиімді бөліп жинауға мүмкіндік береді. Алдыңғы қатарлы нейрондық желілер мен машиналық оқыту әдістері қалдықтарды дұрыс сұрыптау үшін дәлдікті арттырады.

2. Қалдықтарды жинау және тасымалдауды оңтайландыру. Жасанды интеллект көліктерді қалдықтарды жинау маршрутын оңтайландыру үшін қолданылуы мүмкін. Глобальды орналасу жүйелері (GPS) және деректерді өңдеу арқылы ЖИ жинау жұмыстарының уақытын және қаржысын тиімді басқаруға көмектеседі. Мысалы, қай жерде қалдықтар көп екенін немесе қай аудандарда жиі жиналу керек екенін болжау үшін нақты уақыт режимінде деректерді талдауға болады.

3. Қайта өңдеу процестерін жетілдіру. Қайта өңдеу процесінде ЖИ-ді қолдану химиялық немесе физикалық процестерді бақылау және жақсарту үшін өте тиімді болуы мүмкін. Бұл материалдардың сапасын арттыруға және қайта өңдеудің нәтижелілігін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Жасанды интеллект сұрыптауды автоматтандырумен қатар, қайта өңдеуден алынған өнімдердің сапасын бақылауды қамтамасыз етеді.

4. Қалдықтардың көлемін болжау. Жасанды интеллект қалдықтардың көлемін болжау үшін қолданылуы мүмкін. Мысалы, машиналық оқыту алгоритмдері түрлі факторларды (мысалы, ауа райы, халық саны, мерекелер, жергілікті жағдайлар) есепке ала отырып, қалдықтардың қай кезде көбірек

жиналатынын және қай аймақта көп болатынын алдын ала болжай алады. Бұл ақпараттың негізінде қалдықтарды жинау және өңдеу жұмыстарын алдын ала жоспарлауға болады.

5. Қалдықтарды басқару бойынша халықтың қатысуын арттыру. Жасанды интеллект қоғамның экологиялық сауаттылығын арттыру үшін де қолданылуы мүмкін. Мысалы, мобильді қосымшалар мен чат-боттар арқылы тұрғындар қалдықтарды дұрыс сұрыптау мен басқарудың маңыздылығы туралы ақпарат ала алады. Сонымен қатар, бұл жүйелер қалдықтарды басқару мен қайта өңдеу шараларына қатысуды ынталандыру үшін ойын түрінде бағалау жүйесін енгізуге болады.

6. Қалдықтарды қайта өңдеу жүйесін мониторингтеу. Жасанды интеллект жүйесі қалдықтарды қайта өңдеудің барлық процесін бақылап, деректер жинай алады. Бұл деректерді талдау арқылы қаладағы қалдықтарды қайта өңдеу тиімділігін арттыру үшін қандай шаралар қабылдануы керектігін анықтауға болады. Сонымен қатар, ЖИ технологиялары экологиялық жағдайды және қалдықтардың қоршаған ортаға әсерін бақылап, болашақта оны қалай жақсартуға болатыны туралы ұсыныстар ұсына алады.

Жасанды интеллект қатты тұрмыстық қалдықтарды басқаруда үлкен рөл атқара алады. Ол қалдықтарды тиімді сұрыптау, жинау және өңдеу процесін оңтайландырады, сондай-ақ экологиялық және экономикалық шығындарды азайтуға көмектеседі. Қазақстанда ЖИ технологияларын енгізу бұл салада жаңа мүмкіндіктерді аша алады, экологияны сақтауға және экономиканы жақсартуға ықпал етуі мүмкін.

Қорытындылай келе, қатты тұрмыстық қалдықтар Қазақстанның экологиялық жағдайына теріс әсер етіп қана қоймай, экономикалық шығындарға да әкелуде. Сондықтан ҚТҚ-ны басқарудың жаңа, тиімді әдістерін енгізу қажеттілігі туындайды. Қазақстандағы эколого-экономикалық бағалау көрсеткендей, қалдықтарды басқару жүйесін жақсарту, қайта өңдеу технологияларын дамыту және халықтың экологиялық сауаттылығын арттыру, жасанды интелек жүйесін қолдану маңызды шаралар болып табылады. Бұл бағытта мемлекеттік деңгейде жаңа саясаттар мен бағдарламалар қабылдануы тиіс[3].

Қолданылған дерек көздері:

1. Кулешов В.В., Петрова Н.А. *Современные концепции управления отходами: международный опыт и перспективы для Казахстана*. – Алматы: Изд-во КазНУ, 2023. – 245 с.
2. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. *Государственная программа по управлению отходами в Казахстане на 2021–2030 гг.* – Нур-Султан: Нац. изд-во, 2021. – 178 с.
3. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. *Национальный доклад по экологии Казахстана за 2023 год*. – Астана: Минэкологии РК, 2023. – 204 с.

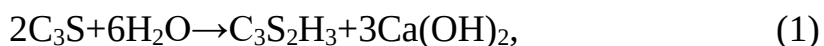
МЕХАНИЗМ ТВЕРДЕНИЯ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ РАСТВОРОВ НА
ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА

Современный Казахстан – развивающаяся страна. Это относится и к промышленности нашей страны. Инновационные технологии применяются в строительстве, материаловедении, производстве строительных материалов. Шагом в будущее стало и применение быстротвердеющих растворов на основе цемента, которые совместили в себе такие качества, как внушительная прочность по сравнению с гипсовыми растворами, так и высокую скорость набора прочности в сравнении с нормальноотвердеющим цементом.

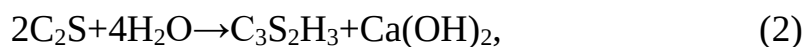
Главное отличие быстротвердеющих бетонов от нормальноотвердеющих – повышенные прочностные характеристики в первые трое суток твердения, однако модифицированные быстротвердеющие растворы на основе цемента превосходили и данные характеристики, показав улучшенные результаты уже в первые сутки.

Основным материалом для получения высокопрочностных конструкций по-прежнему остается цемент, его твердение вызвано сложными химическими реакциями (1-3) процесса гидратации, в котором участвуют такие компоненты цементного клинкера как:

- Трёхкальциевый силикат (C_3S , алит) является основной фазой, ответственной за начальную и среднесрочную прочность цементного камня. Его гидратация начинается сразу после затворения цемента водой и продолжается в течение всего периода твердения, достигая пика влияния в момент достижения проектной прочности, и представлена в реакции 1;



- Двухкальциевый силикат (C_2S , белит) характеризуется замедленной гидратацией (реакция 2): его активное участие в химических реакциях с водой начинается преимущественно через 28 суток после укладки смеси. Эта фаза оказывает положительное влияние на долговременные прочностные характеристики бетона. Установлено, что введение пластифицирующих добавок способствует ускорению реакции C_2S , тем самым повышая эффективность твердения на более ранних этапах;



- Трёхкальциевый алюминат (C_3A) активно включается в реакцию (реакция 3) в первые сутки после приготовления смеси. Эта фаза

способствует быстрому приросту начальной прочности, однако её активность значительно снижается по мере продолжения твердения;



- Четырёхкальциевый алюмоферит (C_4AF) активизируется на более поздних стадиях гидратации. Он играет вспомогательную роль, способствуя повышению прочности бетона на завершающих этапах твердения, а также влияет на окраску и устойчивость цементного камня в агрессивных средах[1,2].

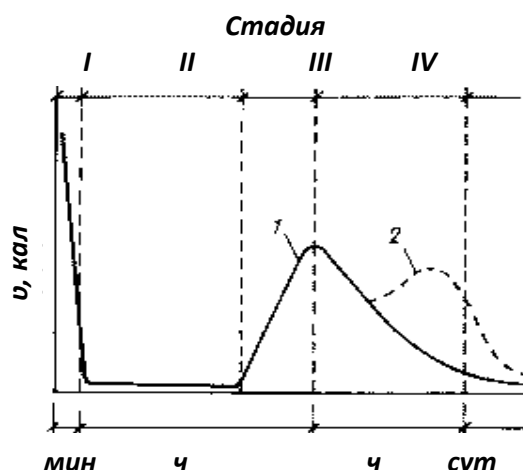


Рисунок 1 - Изменение скорости тепловыделения v во времени для процессов гидратации C_3S (1) и портландцемента (2)

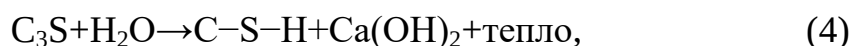
На рисунке 1 показаны кривые гидратации алита и портландцемента в целом, их тепловыделение на разных стадиях твердения. На начальном этапе взаимодействия трёхкальциевого силиката (C_3S) с водой наблюдается резкое увеличение интенсивности тепловыделения, за которым следует быстрое снижение – это так называемый преиндукционный период, длящийся около 15–20 минут. Далее наступает индукционный этап, характеризующийся существенно замедленной скоростью гидратации. В течение этой фазы, сохраняющейся на протяжении нескольких часов, цементное тесто остаётся пластичным и пригодным для укладки.

Данные ранние стадии гидратации подвержены влиянию различных химических добавок, способных корректировать последующую активность C_3S . На третьей стадии происходит интенсификация гидратационных процессов. Реакция протекает по самоускоряющемуся механизму и достигает максимума скорости к завершению данной фазы. Начало схватывания цемента, как правило, совпадает с началом резкого увеличения скорости реакции, а конец схватывания — с завершением третьей стадии.

Четвёртая стадия сопровождается постепенным снижением тепловыделения, при этом гидратация C_3S всё ещё продолжается. Пятая, завершающая стадия, обусловлена диффузионными процессами, при которых образуется сравнительно малое количество новых гидратных фаз[3].

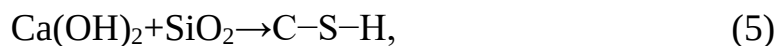
Ускорение твердения цементных растворов достигается за счёт интенсификации гидратации основных клинкерных минералов. Наиболее эффективные подходы основаны на использовании химических добавок и реакционноспособных микродисперсных компонентов.

1. Неорганические ускорители, например, соли, такие как хлорид кальция ($CaCl_2$), нитрат кальция ($Ca(NO_3)_2$) и формиат кальция ($Ca(HCOO)_2$), ускоряют гидратацию C_3S и C_3A , усиливая теплообразование и образование прочностных фаз (формула 4):



2. Щелочные добавки ($NaOH$, K_2CO_3) повышают pH, способствуя растворению силикатных фаз и ускоренному образованию $C-S-H$.

3. Микрокремнезём и пуццоланы. Реагируя с $Ca(OH)_2$, микрокремнезём ускоряет формирование дополнительного количества геля (формула 5):



4. Поверхностно-активные суперпластификаторы
Поликарбоксилатные эфиры активируют цементные частицы, повышая раннюю реакционную способность[4].

Эти методы позволяют сократить время схватывания и повысить раннюю прочность цементных растворов, что особенно важно в условиях ускоренного строительства и низких температур.

Список использованных источников:

1. Cement Hydration Process and Its Importance for Strength Development [Электронный ресурс] // JSW One MSME. – 2024. – URL: <https://www.jswonemsme.com/blogs/blogs-articles/how-does-the-hydration-process-of-cement-work-and-why-is-it-crucial>
- 2 Construction Materials Cement [Электронный ресурс] / Asst. Prof. Dr. Mohammed J. Kadhim. – Baghdad: Al-Mustansiriyah University, 2023. – 27 с. – Режим доступа: https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/5/5_2023_02_17%2108_43_53_PM.pdf.
3. Механизм гидратации цемента [Электронный ресурс] // Trans-Mix.ru. – URL: https://www.trans-mix.ru/info/info_gidrotaziya.php.
4. Корнеев В.Л. Ускорители и замедлители схватывания и твердения сухих строительных смесей на основе портландцемента [Электронный ресурс] // BALTIMIX. – URL: https://baltimix.ru/confer_archive/reports/doclad03/Korneev.php

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ
ИЗ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аквакультура является стратегическим направлением обеспечения продовольственной безопасности России, направленным на гарантированное снабжение населения рыбой и гидробионтами, снижение зависимости от импорта и сохранение природных запасов водных биоресурсов. Внедрение технологий глубокой переработки объектов аквакультуры, обеспечивающих расширение ассортимента, минимизацию потерь ценных компонентов и высокое качество продукции, закреплено в государственной программе РФ «Развитие рыбохозяйственного комплекса», подпрограмме «Развитие аквакультуры», федеральном законе «Об аквакультуре» и «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса до 2030 года» [1, 2, 3].

Целью исследований является научное обоснование технологии вяленой рыбной продукции из объектов аквакультуры.

Исследования проводились на кафедре технологии продуктов питания, физики и в микробиологической лаборатории кафедры ихтиопатологии и гидробиологии ФГБОУ ВО «Калининградского государственного технического университета». Достоверность полученных результатов обеспечивалась трех-пятикратной повторяемостью проведения. Статистическую обработку проводили с использованием пакетов прикладных программ Statistica, MathCad и Microsoft Office 2016, при вероятности 0,95.

На первом этапе изучали активность протеолитических ферментов мышечной ткани карпа зеркального и толстолобика, выращенных в Калининградском регионе. При естественной pH (6,55 и 6,49) их активность оказалась недостаточной для эффективного гидролиза, что обусловило необходимость использования интенсификаторов созревания. Влияние добавок исследовали с применением ОЦКП второго порядка. Оптимальная массовая доля созревателя с регуляторами кислотности «РУТАФИШ Мирсол БС» составила 1,3%, тогда как ферментный созреватель ЕС 60.000+К по результатам регрессионного моделирования, требует дозировок (4,4% для мышечной ткани карпа и 2,7% – для толстолобика), превышающих допустимый уровень (2,5%), что ограничивает его применимость.

На втором этапе исследований определяли влияние нитритной соли на цвет и физико-химические характеристики вяленой рыбной продукции. Впервые были получены изменение цвета и цветовых координат в системе CIE L*a*b* для вяленых изделий из карпа и толстолобика с различным содержанием нитритной соли в процессе сушки. Обосновано, что добавление нитритной соли не является определяющим фактором для конечных характеристик продукта.

Третий этап исследований был направлен на научное обоснование получения структурированного пищевого наполнителя для рыбных продуктов на фаршевой основе. Предложено использовать порошок из антенн креветки как кальцийсодержащую добавку и креветочный бульон в качестве водной фазы эмульсии. В результате изучения температурных режимов сушки и условий измельчения антенн были определены технологические параметры: использование антенн после дефростации и мойки, сушка при $70\pm 2^\circ\text{C}$ до влажности $12\pm 2\%$, измельчение на мельнице в течение 8–10 минут и просеивание до размера частиц 0,1 мм. Разработана технологическая схема и рецептура производства пищевого наполнителя из отходов переработки креветки. Новизна технологии подтверждена патентом на изобретение №2832187, опубликованным 23.12.2024.

Заключительным этапом исследований стала оптимизация температурных режимов и массовой доли пищевого наполнителя в вяленой продукции из карпа и толстолобика. Регрессионный анализ позволил определить оптимальные параметры: температура сушки $15\pm 2^\circ\text{C}$ для карпа и $22\pm 2^\circ\text{C}$ для толстолобика, а также массовая доля наполнителя 15,3% и 22,2% соответственно.

На основании проведенных исследований научно обоснованы рецептура и технология производства вяленой рыбной продукции. Установлен срок годности (2 месяца при температуре $4\pm 2^\circ\text{C}$), подтвержденный стабильностью органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в процессе хранения.

Список использованных источников:

1. ПОДПРОГРАММА «Развитие аквакультуры» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn----8sbaai9bccjd7bizmc1j0a.xn--p1ai/pdf/federal/podprogramma-razvitie-akvakultury.pdf>
2. Богачев А.И. Российский сектор аквакультуры: состояние и значение для экономики // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (57). – С. 227-236.
3. Ужахова Л.М. Особенности развития рыбопромышленной отрасли России / Л.М. Ужахова, Д.В. Вакорин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 14–23. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-14-23.

Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Касенов Б.К.,
Куанышбеков Е.Е., Темирбаева Э.М.
(Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)
Дюсембаев Р.Т. (Караганда, КарУ им. Е.А. Букетова)

СИНТЕЗ, РЕНТГЕНОГРАФИЯ И ТЕРМОДИНАМИКА КУПРАТО- ВАНАДАТО-МАНГАНИТА $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$

Перовскитоподобные манганиты с колоссальным магнито-сопротивлением и гигантской магнитострикцией перспективны для магнитных датчиков, считывающих головок и памяти. Актуален синтез новых фаз, включая купрато-ванадато-манганиты лантана, допированные s-элементами и сверхпроводником $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, обладающие ценными функциональными свойствами.

Проведен синтез и рентгенографическое исследования нового купрато-ванадато-манганита лантана и натрия. Для синтеза $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$ использовали оксиды La(III) , Cu(II) , V(V) , Mn(III) и карбонат Na. После предварительного отжига при 300°C для удаления влаги реагенты тщательно смешивали и растирали в агатовой ступке. Смесь загружена в предварительно прокаленный алундовый тигель и отжигалась в муфельной печи «SNOЛ» при 600°C в течение 5 часов. После охлаждения, перемешивания и перетирания проведена термообработка при 700°C (10 часов), 800°C (15 часов) и 1000°C (15 часов) с аналогичными этапами. Затем выполнен низкотемпературный отжиг при 400°C в течение 10 часов для стабилизации образовавшиеся фазы.

Рентгенофазовый анализ выполнен на установке ДРОН-2,0 с $\text{CuK}\alpha$ -излучением ($U = 30 \text{ кВ}$, $I = 10 \text{ мА}$). Съемка: 100 имп./сек, $\tau = 5 \text{ сек}$, диапазон 2θ : $10\text{--}90^\circ$. Интенсивность максимумов оценена по стобалльной шкале. Индицирование проведено аналитическим методом [1]. По результатам индицирования были определены тип сингонии и параметры кристаллической решетки. Результаты показывают, что $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$ кристаллизуется в кубической сингонии с параметрами решетки: $a = 14,90 \pm 0,01 \text{ \AA}$; $Z = 4$; $V^0 = 3307,08 \pm 0,03 \text{ \AA}^3$; $V^0_{\text{эл.яч.}} = 826,77 \pm 1,18 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 3,80$ и $\rho_{\text{пикн.}} = 3,79 \pm 0,006 \text{ г/см}^3$. Корректность и достоверность результатов индицирования и определения параметров решетки купрато-ванадато-манганитов подтверждается удовлетворительным согласием опытных и расчетных значений $10^4/d^2$, рентгеновской и пикнометрической плотности.

На основании проведенных исследований полученный купрато-ванадато-манганит можно отнести к пространственной группе перовскита $Pm\bar{3}m$.

Теплоемкость $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$ измерена на калориметре ИТ-С-400 в диапазоне $298,15\text{--}673 \text{ К}$ при монотонном нагреве ($\approx 0,1 \text{ К/с}$) и перепаде

температур 3–30 К. Определение проводилось через 25°C, с учетом объемной теплоемкости $C_p = 10 \cdot 10^6$ Дж/К·м³. Градуировка прибора выполнена по теплопроводности преобразователя теплового потока, включая тесты с медным образцом и пустой ампулой [2, 3]. Погрешность $\pm 10\%$. Данные обработаны методами математической статистики.

На основе удельных теплоемкостей вычислены их молярные значения, среднеквадратичные отклонения и погрешности. Таблица 1 содержит результаты калориметрии, подтверждающие удовлетворительное согласие данных по теплоемкости $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (173–673 К) с [4] в пределах точности прибора.

Таблица 1 - Экспериментальное значение теплоемкости $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$ [$C_p \pm \bar{\delta}$, Дж/(К·г); $C_p^0 \pm \overset{\circ}{\Delta}$, Дж/(моль·К)]

Т, К	$C_p \pm \bar{\delta}$	$C_p^0 \pm \overset{\circ}{\Delta}$	Т, К	$C_p \pm \bar{\delta}$	$C_p^0 \pm \overset{\circ}{\Delta}$
298.15	0,5601 $\pm$ 0,0088	266 $\pm$ 12	498	0,4783 $\pm$ 0,0081	227 $\pm$ 11
323	0,7116 $\pm$ 0,0100	338 $\pm$ 13	523	0,4164 $\pm$ 0,0067	198 $\pm$ 9
348	0,8946 $\pm$ 0,0118	424 $\pm$ 16	548	0,4591 $\pm$ 0,0116	218 $\pm$ 15
373	0,9771 $\pm$ 0,0132	463 $\pm$ 17	573	0,5377 $\pm$ 0,0105	255 $\pm$ 14
398	0,8762 $\pm$ 0,0104	416 $\pm$ 14	598	0,4511 $\pm$ 0,0107	214 $\pm$ 14
423	0,7070 $\pm$ 0,0118	335 $\pm$ 16	623	0,4772 $\pm$ 0,0094	226 $\pm$ 12
448	0,6313 $\pm$ 0,0112	299 $\pm$ 15	648	0,5130 $\pm$ 0,0180	243 $\pm$ 64
473	0,5363 $\pm$ 0,0084	254 $\pm$ 11	673	0,5073 $\pm$ 0,0204	260 $\pm$ 27

Установлено, что на кривой зависимости теплоемкости обнаружены λ -образные аномалии при 373 и 573 К, связанные с фазовыми переходами II рода. Их природа может объясняться изменениями, переходом полупроводниковой проводимости, а также емкости и диэлектрической проницаемости (сегнетоэлектрическими переходами: точки Кюри, Нееля).

С учетом температур фазовых переходов выведены уравнения, описывающие зависимости $C_p^0 \sim f(T)$:

$$C_p = (2030,99 \pm 110,08) - (2411,14 \pm 130,68) 10^{-3}T - (929,61 \pm 50,38) 10^5 T^{-2}, (298-373\text{K}) \quad (4)$$

$$C_p = -(1062,12 \pm 57,57) + (1451,19 \pm 78,65) 10^{-3}T + (1369,44 \pm 74,22) 10^5 T^{-2}, (373-523\text{K}) \quad (5)$$

$$C_p = -(404,15 \pm 21,90) + (1150,0 \pm 62,35) 10^{-3}T, (523-573\text{K}) \quad (6)$$

$$C_p = (1195,90 \pm 64,82) - (1642,0 \pm 89,0) 10^{-3}T, (573-598\text{K}) \quad (7)$$

$$C_p = (487,04 \pm 26,40) - (58,99 \pm 3,20) 10^{-3}T - (850,32 \pm 46,09) 10^5 T^{-2}, (598-673\text{K}). \quad (8)$$

Стандартную энтропию $S^\circ(298,15)$ купрато-ванадато-манганита рассчитывали через ионные энтропийные инкременты [5]. По экспериментальным данным теплоемкости определены температурные зависимости термодинамических функций $S^\circ(T)$, $H^\circ(T)-H^\circ(298,15)$, $\Phi^{xx}(T)$ (табл. 2).

Таблица 2 - Температурные зависимости термодинамических функций купрато-ванадато-манганита $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$ [$C_p^\circ(T)$, $S^\circ(T)$, $\Phi^{xx}(T)$, Дж/(моль·К); $H^\circ(T)-H^\circ(298,15)$, Дж/моль].

T, К	$C_p^\circ(T)$	$S^\circ(T)$	$H^\circ(T)-H^\circ(298,15)$	$\Phi^{xx}(T)$
298.15	266±14	307±9	-	307±26
300	275±15	309±26	540±30	307±26
350	428±23	365±31	18640±1010	312±26
400	374±20	422±36	40190±2180	322±27
450	267±14	460±39	55960±3033	335±28
500	211±11	485±41	67750±3670	349±29
550	229±12	504±42	78190±4240	362±30
600	211±11	525±44	90040±4880	375±32
650	247±13	544±46	101650±5500	387±33
675	261±14	553±47	108000±5850	393±33

Таким образом, впервые синтезирован купрато-ванадато-манганит $\text{LaNa}_2\text{CuVMnO}_{7.5}$, оптимизирован пятиэтапный керамический метод его получения. РФА выявил тип сингонии, параметры решетки, плотности. В интервале 298,15–673 К исследована температурная зависимость теплоемкости, установлены λ -образные эффекты при 373 и 573 К, указывающие на фазовые переходы II рода. Рассчитаны термодинамические функции $H^\circ(T) - H^\circ(298,15)$, $S^\circ(T)$, $\Phi^{**}(T)$. Результаты важны для прогнозирования свойств и паспортизации образца.

Работа проведена в рамках программы целевого финансирования (ПЦФ) О. 1301 НТП «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья» по теме «Физико-химические основы ресурсосберегающей технологии получения новых полупроводниковых купрато-ванадато-манганитов лантана, допированных оксидами ряда s-элементов и сверхпроводником $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ » на 2024-2026гг.

Литература:

1. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, 1976. – 2-е изд. – 256 с.
2. Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТ-С-400. Актюбинск. Актюбинский завод «Эталон», 1986. 48 с.
3. Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В., Петров Г.С. Теплофизические измерения и приборы. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
4. Бодряков В.Ю., Быков А.А. Корреляционные характеристики температурного коэффициента объемного расширения и теплоемкости корунда // Стекло и керамика. 2015. № 2. С. 30.
5. Кумок В.Н. Проблема согласования методов оценки термодинамических характеристик // В сб.: Прямые и обратные задачи химической термодинамики. Новосибирск: Наука, 1987. С. 108.

ӨСІМДІКТЕРДІ ӨСІРУДЕ МЫС ОКСИДІ (CuO) НАНОБӨЛШЕКТЕРІН ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Қазіргі заманда ауылшаруашылығы мен экологиядағы жаңа технологиялардың дамуы, оның ішінде нанотехнологиялардың қолданылуы ерекше маңызға ие болып отыр. Өсімдіктерді өсіруде түрлі наноматериалдардың қолданылуы ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыруға, олардың ауруларға төзімділігін күшейтуге және қоршаған ортаны қорғауға ықпал етеді. Осы тұрғыда мыс оксиді (CuO) нанобөлшектері ауылшаруашылық өндірісінде өзекті бағыттардың бірі болып табылады. Өсімдіктерді өсіруде мыс оксиді (CuO) нанобөлшектерін пайдалану өзектілігі қазіргі кезде ауылшаруашылық және экологиялық мәселелерді шешудің жаңа жолдарын ұсынатын маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Әсіресе ауылшаруашылығында өсімдіктердің өсуін ынталандыру, өнімділікті арттыру және қоршаған ортаға зиянды әсерлерді төмендету мақсатында нанотехнологиялар мен наноматериалдарды қолданудың маңызы зор. Нанотехнологияның ауылшаруашылығында қолданылуы үлкен потенциалға ие. CuO нанобөлшектері осы саладағы жаңа инновациялардың бірі болып табылады. Олардың қолданылуы ауылшаруашылық ғылымындағы жаңашылдықтарды енгізуге және технологиялық үдерістерді жетілдіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл зерттеу саласы әлі де дамып келеді және CuO нанобөлшектерінің өсімдіктерге әсерін зерттеу барысында жаңа қолдану мүмкіндіктері ашылуы мүмкін.

Мыс оксиді—табиғатта кең таралған элементтердің бірі, ол өздігінен түрлі химиялық қосылыстар түзіп, көптеген өнеркәсіптік салада қолданылады. CuO нанобөлшектері — мыс оксидінің өте ұсақ бөлшектерінен тұратын материалдар, олардың өлшемі бірнеше нанометрге дейін жетеді.

Металл нанобөлшектердің (өлшемі 100 нм - ден аз бөлшектер) кең практикалық қолданылуы олардың бірқатар ерекше қасиеттеріне байланысты. Қазіргі уақытта металл нанобөлшектерді пайдалану үшін берілген сипаттамалары бар бөлшектерді алу үшін әртүрлі физика-химиялық процестер кеңінен қолданылады. Алайда, бұл өндіріс әдістері қымбат, уақытты қажет етеді және қоршаған ортаға және тірі организмдерге қауіпті болуы мүмкін. Осылайша, нанобөлшектерді өндірудің баламалы, үнемді және сонымен бірге қауіпсіз және экологиялық таза әдісіне қажеттілік айқын көрінеді. Нанобөлшектерді пайдаланып өсімдіктерді өсіру - өсімдіктердің өсуін жақсарту, қоректік заттардың сіңуін жақсарту және

стресске төзімділікті арттырудың инновациялық тәсілі. Бұл әдіс ауылшаруашылық нанотехнологиясының кеңірек саласының бөлігі болып табылады. Нанобөлшектер қоректік заттарды жеткізу, өсімдіктердің өсуін реттеу, қоздырғыштардан немесе абиотикалық стресстен қорғау үшін наноөлшемде (1-100 нм) құрастырылады.

Өсімдіктердің өсуінде нанобөлшектерді қолданудың пайдасы

1. Қоректік заттардың жеткізілімі жақсарды:

- Нанобөлшектер өсімдіктердің биожетімділігін және сіңірілуін арттыра отырып, маңызды қоректік заттардың тасымалдаушысы ретінде әрекет етеді.

- Баяу шығарылатын құрамдар қоректік заттардың ысырабын және сілтісізденуін азайтады.

2. Жақсартылған фотосинтез:

- Кейбір NPS (мысалы, титан диоксиді, TiO_2) хлорофилл өндірісін және жарық сіңіру тиімділігін жақсартады, фотосинтезді күшейтеді.

3. Стресске төзімділіктің жоғарылауы:

- Кремний нанобөлшектері (SiO_2) құрғақшылыққа, тұздылыққа және ауыр металдарға төзімділікті жақсартады.

- Нанобөлшектердің антиоксиданттық қасиеттері өсімдіктерді тотығу стрессінен қорғайды.

4. Патогендермен күресу:

- Күміс (Ag) және мырыш оксиді (ZnO) нанобөлшектері өсімдіктерді аурулардан қорғайтын микробқа қарсы қасиеттерді көрсетеді.

5. Топырақ сапасын жақсарту:

- Нано-саздар топырақ құрылымын және судың сақталуын жақсартады.

- Биокөмірлі нанобөлшектер микробтардың белсенділігін және қоректік заттардың айналымын жақсартады.

Өсімдіктердің өсуі үшін қолданылатын нанобөлшектер

1. Нано-тыңайтқыштар:

- Темір оксиді (Fe_2O_3): Хлорофилл синтезін күшейтеді және темір тапшылығын азайтады.

- Нано-фосфаттар: Тамырдың дамуын және гүлденуін жақсартады.

2. Нано-стимуляторлар:

- Титан диоксиді (TiO_2): Фотосинтезді және өсімдіктердің метаболизмін күшейтеді.

- Көміртегі негізіндегі NPs (графен, көміртекті нанотүтікшелер): суды қабылдауды және қоректік заттардың тасымалдануын жақсарту.

3. Нано-пестицидтер:

- Күміс (Ag): Бактериялық және саңырауқұлақ қоздырғыштарына қарсы тиімді.

- Мыс оксиді (CuO): Өсімдіктерді саңырауқұлақ инфекцияларынан қорғайды.

Өсімдіктерге нанобөлшектерді жағу әдістері

1. Тұқыммен емдеу:

- Тұқымдарды өнгіштігі мен жігерін арттыру үшін құрамында нанобөлшектері бар ерітіндіге батырады.

2. Жапырақты спрей:

- Нанобөлшектерді суда ерітіп, қоректік заттарды тікелей сіңіру үшін жапырақтарға шашады.

3. Топырақты жағу:

- NPS топырақпен араласады немесе тамырларға қоректік заттарды жеткізу үшін суармалы суда қолданылады.

4. Гидропоника:

- Нанобөлшектер бақыланатын сіңіру үшін топырақсыз жүйелердегі қоректік ерітіндіге қосылады.

5. Тамырды батыру:

- Көшеттерді трансплантациялау алдында тамырларды нанобөлшектердің суспензияларына батыру арқылы өңдейді.

Мыс нанобөлшектерінің маңыздылығы микроэлементтер және көптеген ақуыздар мен ферменттердің ажырамас бөлігі болып табылады.

Өсімдіктерді өсіруде мыс оксиді (CuO) нанобөлшектерін пайдалану өсімдіктердің өсуін ынталандырып, аурулар мен зиянкестерге қарсы төзімділігін арттыра отырып, өнімділікті жоғарылатуға көмектеседі. Олар сондай-ақ топырақтың құнарлығын жақсартуға, тыңайтқыштардың тиімділігін арттыруға және қоршаған ортаны қорғауға ықпал етеді. Дегенмен, мыс оксиді нанобөлшектерінің қолданылуының тиімділігі мен қауіпсіздігі туралы зерттеулер жалғасуда және олардың қолдану саласын кеңейту үшін қажетті шарттарды зерттеу қажет.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Zhang, L., & Guo, J. (2022). Impact of nanoparticles on plant physiology: A review of recent advances. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100636.
2. Rico, C. M., Majumdar, S., & Duarte-Gardea, M. (2018). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(26), 6955-6972.
3. Tripathi, D. K., Singh, S., & Chauhan, D. K. (2017). Nanoparticles in plants: Their uptake, translocation and biotransformation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110, 2-12.

КАТАЛИТИКАЛЫҚ ДЕПАРАФИНИЗАЦИЯ

Мұнайды тасымалдау және оны резервуарларда сақтау кезінде түбінде минералды (мұнай емес) бөлшектерден және негізінен парафинді қатардағы ең ауыр көмірсутектерден тұратын шөгінділер пайда болады, олардың үлес салмағы мұнай мен судың тығыздығынан жоғары. Физикалық тұрғыдан алғанда, шөгінділер резервуардың түбінде өте біркелкі емес орналасқан тығыз, сұйық емес масса болып табылады. Тұнба деңгейі 0,3-тен 3 метрге дейін, ал көлемі 300-ден 6000 м³-ге дейін. Тұнба мұнайдың қозғалуына және оның әртүрлі қабаттарының резервуарда араласуына жол бермейді, бұл тұздардың шоғырланған агрессивті ерітінділерін оқшаулауға және төменгі аймақта және резервуардың бірінші белдеуінде коррозиялық процестердің дамуына ықпал етеді. Сонымен бірге резервуардың жұмыс (пайдалы) көлемі азаяды.

Мұның бәрі объектінің пайдалану сипаттамаларын төмендетеді және осы контейнерлерге қайта құйылған мұнай мен мұнай өнімдерінің сапасына теріс әсер етеді. "Резервуарларды техникалық пайдалану қағидаларында" (2004ж.) жазылған талаптарға сәйкес тазалау жүргізумен резервуарларды ішінара тексеру кемінде 5 жылда бір рет, толық - кемінде 10 жылда бір рет көзделеді. Контейнерлерді тазарту жиілігі ГОСТ 1510-84 талаптарында көрсетілген және мұнай өнімдерінің түріне, резервуарлардың техникалық жағдайына, сақтау жағдайларына және мұнай өнімдерінің сорттарын ауыстыру жиілігіне байланысты. Резервуарларды мұнай өнімдерінің қалдықтарынан, тұтқырлығы жоғары шайырлы жауын-шашыннан, ылғалдан және механикалық қоспалардан уақтылы тазарту мұнай базаларының, ЖҚС, ЖЭС және ЖЖМ қоймаларының үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді. Резервуарларды шөгінділерден тазарту қауіпті және уақытты қажет ететін жұмыс болып табылады, бұл айтарлықтай материалдық шығындарды талап етеді. Тіпті тазартудың ең прогрессивті әдісі-химиялық механикаландырылған, қол еңбегін және адамдардың резервуар ішіндегі газдалған аймақта болуын жоққа шығармайды. Нақты жағдайларға (резервуардың түріне, сыйымдылығына, оның түбіндегі шөгінділерді жуудың стационарлық жүйесінің болуына, қатты мұнай қалдықтарының саны мен механикалық қасиеттеріне) байланысты резервуарды тазарту үшін әртүрлі әдістер мен технологиялық схемалар қолданылуы мүмкін[1]. Карбамидті депарафинизация-бұл отын мен тұтқырлығы төмен майларды өндіруде қолданылатын парафинді көмірсутектерді бөлу процесінің бір түрі. Нәтижесінде төмен қататын отын немесе тұтқырлығы төмен май ғана емес, сонымен қатар сұйық немесе жұмсақ парафиндер де алынады. Карбамидті депарафинизация жоғарыда сипатталған

технологиялардан түбегейлі ерекшеленеді, өйткені бұл жағдайда парафинді көмірсутектерді бөліп алу үшін шикізатты немесе оның ерітінділерін төмен температураға дейін салқындатудың қажеті жоқ.

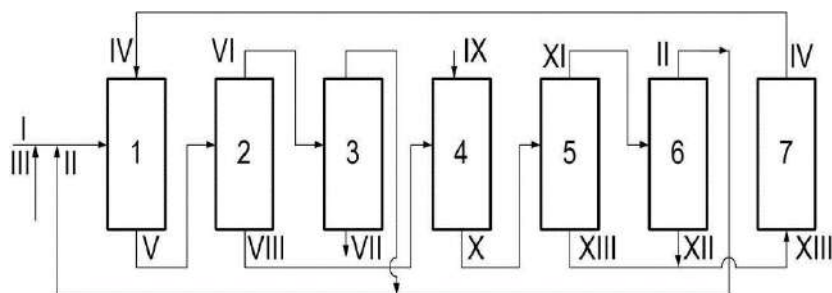
NH_2CONH_2 карбамиді екі кристалды модификацияда болуы мүмкін: тетрагональды және алтыбұрышты. Таза карбамид тетрагональды құрылымға ие, оның әр кристалды жасушасы төрт молекуладан тұрады. Бұл басқа заттың молекулаларын орналастыра алатын бос орындары жоқ тығыз оралған кристалл. Комплекс түзілу процесінде тетрагональдан алтыбұрышқа дейін карбамидтің кристалдық торының қайта құрылуы жүреді. Бұл жағдайда кристалды жасуша спираль түрінде орналасқан және бір-біріне қатысты 120° бұрышпен бұрылған алты карбамид молекуласынан тұрады. Бұл құрылыста карбамид молекулалары арасында бос кеңістік (канал) пайда болады, онда басқа заттың молекулалары орналасады. Тар бөліктегі арнаның диаметрі $4,9\text{Å}$, ал кең бөлігінде шамамен 6Å құрайды, сондықтан карбамидті кешен молекулаларының көлденең қимасының диаметрі арнаның диаметрінен кіші заттарды құра алады[2]. Мұнай шикізатындағы компоненттердің ішінен тек Н-алкан молекулаларының көлденең мөлшері ($3,8 \div 4,2\text{Å}$) карбамидтің гексанаальды жасушасындағы канал диаметрінен аз болады. Сондықтан олардың карбамидпен кешен құру қабілетін анықтайтын заттар молекуласының қажетті құрылымдық элементі-бұл қалыпты құрылымның парафиндік тізбегінің болуы.

Әр сыныптың немесе берілген гомологиялық қатардың қосылыстары үшін кешенді қалыптастыру үшін қажетті тізбектің минималды ұзындығы бар. Бөлме температурасында және қалыпты қысымда н алкандары үшін ол 6 көміртек атомына тең. Карбамидпен кешен құруға қабілетті гомологиялық қатардың ең жоғары мүшесі көмірсутек болуы мүмкін, ол үшін кешеннің түзілу энергиясы оның кристалдық торының энергиясынан да асып түседі[3].

Төмен молекулалы Н-алкандар жоғары молекулаға қарағанда аз тұрақты кешен құрайды, бірақ төмен молекулалы алкандары бар кешеннің түзілу жылдамдығы жоғары. Кешен түзуге қабілетті жоғары молекулалы көмірсутектерді алу тереңдігі карбамидтің мұнай фракциясымен жанасу ұзақтығына байланысты. Технологиялық схемаға қарамастан карбамидпен депарафинизация процесі келесі негізгі кезеңдерді қамтиды:

- шикізатты еріткішпен, карбамидпен және активатормен араластыру;
- кешеннің құрылуы;
- кешенді депарафинделген өнім ерітіндісінен бөлу;
- кешенді жуу және ыдырату;
- парафин ерітіндісін карбамидтен (карбамид ерітіндісінен) бөлу;
- тазартылмаған өнім мен парафин ерітіндісінен еріткіштің регенерациясы;
- карбамидтің регенерациясы.

Карбамидті депарафинизация процесінің схемасы 1-суретте көрсетілген.



1 - сурет-карбамидті депарафинизация процесінің схемалық схемасы:

1-реактор блогы; 2-қатты фазаны сұйықтықтан бөлу блогы; 3, 6, 7-депарафинделген өнім, парафин және карбамид ерітінділерінен еріткіштің регенерация блоктары; 4 - кешенді бұзуға арналған аппарат; 5-сүзгі, центрифуга немесе тұндырғыш.

Желілер: I-шикізат; II-еріткіш; III-активатор; IV-карбамид; V-кешен мен тазартылмаған өнім ерітіндісінің қоспасы; VI-тазартылмаған өнім ерітіндісі; VII-тазартылмаған өнім; VIII-кешен; IX-кешенді бұзуға арналған су немесе басқа агент; X-парафин мен карбамид ерітінділері; XI - парафин ерітіндісі; XII-парафин; XIII-карбамид ерітіндісі; XIV-карбамид регенерациясынан кейінгі су немесе басқа агент[4].

I шикізат II еріткішпен және III активатормен араласады және IV карбамид берілетін 1 реакторға түседі. Реакторда кешен пайда болады. V депарафиндік өнімнің кешені мен ерітіндісінің қоспасы қатты фазаның сұйық фазадан 2-бөліміне түседі, ол сүзу, Центрифугалау немесе тұндыру арқылы жүзеге асырылады. Нәтижесінде екі өнім алынады: VIII карбамидті көмірсутектер кешені және тазартылмаған VI өнімнің ерітіндісі. Кешен еріткішпен жуғаннан кейін ыстық су немесе IX еріткіштің көмегімен ыдырау үшін 4-аппаратқа жіберіледі. Содан кейін 5-бөлімдегі парафин мен X кешенінің ерітінділері Центрифугалау немесе тұндыру арқылы парафин XI ерітіндісіне және карбамид XIII ерітіндісіне бөлінеді. VI және парафин XI тазартылмаған өнімнің ерітінділері еріткіштің регенерациясының 3 және 6 бөлімдеріне енеді. 7 бөлім карбамидті қалпына келтіруге қызмет етеді.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

- 1 Саулебекова А.К. Экологическое состояние нефтезагрязненных почв различных место-рождений Атырауской области.: автореф. канд. биол. наук.: 03.00.16, Алматы, 2007. – С.21
- 2 Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 2007. – 470 с.
- 3 Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия Экометрия /под ред. Л.К. Исаева– СПб.: Крисмас, 1998. – 896 с.

ONE-POT SYNTHESIS OF 5-(AMINOMETHYL)-1,3,4-THIADIAZOL-2-AMINE FROM GLYCINE AND ITS *IN SILICO* EVALUATION AS A POTENTIAL ANTIBACTERIAL AGENT

Modern pharmaceutical and medicinal chemistry face an urgent need to develop new biologically active compounds due to the rapid increase in antibiotic resistance, the emergence of new pathogens, and growing demands for drug safety and selectivity. Among five-membered 1,3,4-thiadiazole derivatives, compounds exhibiting antibacterial properties have been identified [1, 2]. The high reactivity of the thiadiazole ring, its resistance to metabolic transformations, and its ability to coordinate with the active sites of enzymes and receptors make it a versatile pharmacophoric scaffold.

A comprehensive list of approaches to synthesis of thiadiazoles is described in the review work [2]. There are several one-pot synthesis methods based on the reaction between thiosemicarbazides and carboxylic acids [3]. Considering that some 2-amino-1,3,4-thiadiazoles have previously been synthesized only from N-substituted amino acids, particularly α -amino acid derivatives bearing N-aryl or arylsulfonyl groups [4], the one-step cyclization approach [5] can be adapted for the synthesis of 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) using glycine as the starting material.

This study reports the synthesis of 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) via a one-pot cyclization approach using glycine as the starting material, and its comprehensive *in silico* evaluation as a potential antibacterial agent through molecular docking simulations against key bacterial protein targets.

5-(Aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) was synthesized by heating a mixture of thiosemicarbazide and glycine in a medium of concentrated sulfuric and polyphosphoric acids (Figure 1).

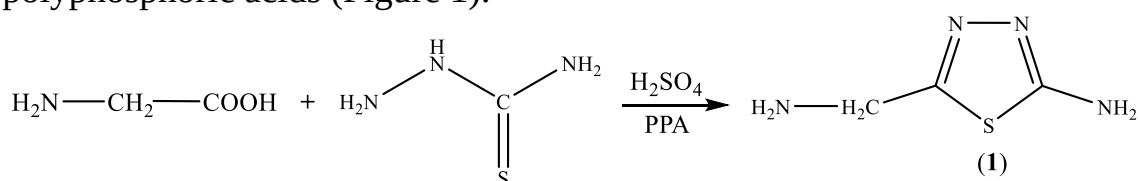


Figure 1. Schematic representation of the synthesis of 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**)

The structure of the synthesized compound (**1**) was confirmed by NMR spectroscopy. ^1H NMR (DMSO- d_6 , δ , ppm): 4.09 (s, 2H), corresponding to the methylene protons ($-\text{CH}_2-$) adjacent to the thiadiazole ring. ^{13}C NMR (DMSO- d_6 , δ , ppm): 38.3 ($-\text{CH}_2-$), 168.4 and 169.6, assigned to the C2 and C5 carbon atoms of the 1,3,4-thiadiazole ring, respectively.

Traditional experimental screening methods require significant time and material resources and are often associated with low throughput in eliminating unsuitable candidates. The use of *in silico* tools significantly accelerates the preliminary selection of lead compounds.

Therefore, in this study, we investigated 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) (CID 45032343) (Figure 2) as a potential antibacterial agent through *in silico* molecular docking. The 3D conformer of the ligand was retrieved from the PubChem database (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>) in SDF format.

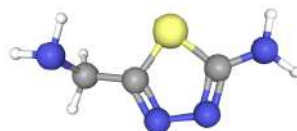


Figure 2. 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**)

Inhibitors of isoleucyl-tRNA synthetase disrupt bacterial protein synthesis by blocking the aminoacylation of isoleucine-specific transfer RNA, an essential step in translation. In parallel, bacterial glutamine synthetase (e.g., in *Mycobacterium tuberculosis*) is a key enzyme involved in cell wall biosynthesis and nitrogen metabolism, making it an attractive antimicrobial target. Based on these considerations, two enzymes were selected for molecular docking studies: 1QU3 (isoleucyl-tRNA synthetase) and 2QC8 (glutamine synthetase).

PDB cleanup was performed using **UCSF Chimera 1.16**. **AutoDockTools 1.5.7 rc1** was used to generate the PDBQT format. Ligand preparation was carried out using **Avogadro 1.97**. Protein preparation was carried out using **Chimera DockPrep**. Grid box coordinates and docking parameters were as follows: **1QU3** – grid center (X, Y, Z in Å): -23.6, 14.2, 32.8; **2QC8** – grid center (X, Y, Z in Å): -8.1, 18.9, -3.5.

Molecular docking between the ligand and target proteins was performed using **AutoDock 4.2.6**. The docking results provided binding affinities for the most favorable ligand conformations and identified the best binding poses within the active sites of the selected proteins. Visualization of the docking results was carried out using **UCSF ChimeraX 1.7** for 3D molecular conformations and **Discovery Studio Visualizer 21.1** for 2D interaction mapping.

The docking results display the binding affinities (ΔG) of protein-ligand interactions in kcal/mol. The calculated binding energy for the Compound 1-1QU3 complex was equal to -4.24 kcal/mol, while that for the Compound 1-2QC8 complex was -5.25 kcal/mol. The interaction between 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) and 2QC8 exhibited the most favorable binding energy (-5.25 kcal/mol) and the highest ligand efficiency (-0.66), indicating a potentially more stable complex and more efficient use of ligand atoms. The three-dimensional binding conformation is shown in **Figure 3**.

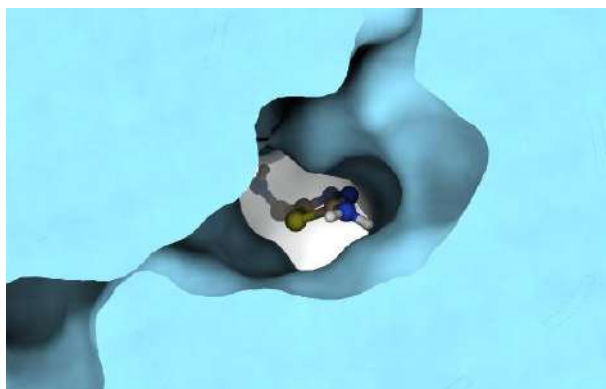


Figure 3. 3D view of the complex: semi-transparent blue surface represents 2QC8; colored spheres indicate the atoms of 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**)

5-(Aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) tightly occupies the central cavity of the catalytic cone, blocking access for the natural substrate and dissolved ammonia molecules required for the final step of glutamine biosynthesis. This indicates potential competitive inhibition of the enzyme.

For 2QC8, 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) exhibits a binding affinity of -5.25 kcal/mol, attributed to a unique combination of π -anion, π -cation, and π -sulfur interactions. Its high ligand efficiency and well-defined structure-activity relationship (SAR) vectors make this complex a highly promising candidate for further detailed investigation.

In this study, 5-(aminomethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-amine (**1**) was synthesized via a one-pot cyclization using glycine as the starting material. Molecular docking simulations revealed that compound (**1**) exhibits potential inhibitory activity against the bacterial protein synthesis targets 1QU3 (isoleucyl-tRNA synthetase) and 2QC8 (glutamine synthetase). Accordingly, it represents a promising lead scaffold for further investigation and the rational development of novel antibacterial agents.

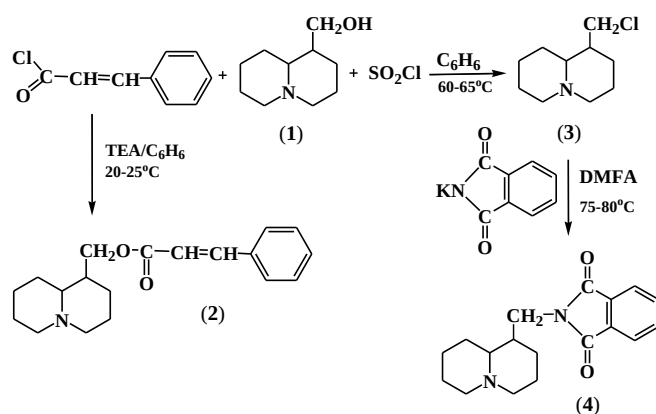
References:

1. Wu, Z., Shi, J., Chen, J., Hu, D., & Song, B. (2021). Design, synthesis, antibacterial activity, and mechanisms of novel 1,3,4-thiadiazole derivatives containing an amide moiety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(31), 8660–8670. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01626>
2. Hu, Y., Li, C.-Y., Wang, X.-M., Yang, Y.-H., & Zhu, H.-L. (2014). 1,3,4-Thiadiazole: Synthesis, reactions, and applications in medicinal, agricultural, and materials chemistry. *Chemical Reviews*, 114(10), 5572–5610. <https://doi.org/10.1021/cr400131u>
3. Kokovina, T. S., Gadomsky, S. Y., Terentiev, A. A., & Sanina, N. A. (2021). A novel approach to the synthesis of 1,3,4-thiadiazole-2-amine derivatives. *Molecules*, 26(17), 5159. <https://doi.org/10.3390/molecules26175159>
4. Epishina, M. A., Kulikov, A. S., Ignat'ev, N. V., Schulte, M., & Makhova, N. N. (2011). Synthesis of 5-alkyl-2-amino-1,3,4-thiadiazoles and α,ω -bis(2-amino-1,3,4-thiadiazol-5-yl)alkanes in ionic liquids. *Mendeleev Communications*, 21, 331–333. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2011.11.013>
5. Golovlyova, S. M., Moskvichev, Y. A., Alov, E. M., & others. (2001). Synthesis of novel five-membered nitrogen-containing heterocyclic compounds from derivatives of arylsulfonyl- and arylthioacetic and -propionic acids. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 37, 1102–1106. <https://doi.org/10.1023/A:1013275515682>

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ЛУПИНИНА

Химическая трансформация алкалоида лупинина обладает большими и все еще полностью не раскрытыми потенциальными перспективами, и до настоящего времени привлекает усиленное внимание многочисленных исследователей поиску и разработке новых высокоэффективных, избирательных, стереоспецифичных биологически активных веществ. Следует отметить, что среди различных производных хинолизидиновых алкалоидов постоянно обнаруживаются новые соединения с другими, не характерными для них самих, видами биологической активности (антихолинэстеразной, анестезирующей, спазмолитической, холинергической, антимикробной, цитотоксической, анальгетической и др.) [1,2]. Эти данные побуждают к синтезу и изучению их новых производных. Наличие доступной растительной сырьевой базы лупинина и широта спектра биологических свойств его различных производных делают поиск новых биоактивных веществ многообещающей.

В продолжение наших исследований по трансформации молекулы лупинина (1) мы синтезировали два новых производных, а именно октагидрохинолизин-1-илметилэфир 3-фенилакриловой кислоты (2) и 2-(октагидрохинолизин-1-илметил)изоиндол-1,3-дион (4).



Ацилирование лупинина циннамоилхлоридом проводили в среде абсолютного бензола в присутствии триэтиламина, в результате образовался октагидрохинолизин-1-илметилэфир 3-фенилакриловой кислоты (2). Взаимодействие хлорлупинина (3) с 2-К-изоиндол-1,3-дионом в условиях метода Габриэля привело к образованию 2-(октагидрохинолизин-1-илметил)изоиндол-1,3-диона (4). Синтез хлорлупинина (3) осуществляли в соответствии с методом, описанным в

работе [3], в соответствии с которым лупинин (1) взаимодействовал с тионилхлоридом в растворе абсолютного бензола с выходом 73%.

Структура синтезированных соединений (2,4) была подтверждена с помощью физико-химических методов, включая ИК-, ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопию и рентгеноструктурный анализ.

Рентгеноструктурное исследование соединений (2) и (4) проведено на дифрактометре Xcalibur Ruby с CCD-детектором (Agilent. Technologies, Великобритания). Использовано $\text{CuK}\alpha$ -излучение с графитовым монохроматором (λ 1.54184 Å) методом ω -сканирования. Обработку исходного массива дифрагированных рефлексов и учёт поглощения провели по программе CrysAlisPro (multi-scan). Расшифровку структур провели прямым методом. Координаты неводородных атомов уточнили в анизотропном приближении полноматричным методом наименьших квадратов. Координаты атомов водорода рассчитаны геометрически и их позиции уточнены в изотропном приближении с фиксированными позиционными и тепловыми параметрами (модель «наездника»). Расшифровка структур проведена по программе SHELXS-97. Уточнение координат атомов проведено с использованием программного комплекса SHELXL-97.

Пространственное строение соединения (2) и (4) было установлено рентгенодифракционным методом. Общий вид молекул (2) и (4) показан на рисунках 1 и 2. Конфигурация хирального центра C5 скоррелирована с абсолютной в кристаллической структуре хлорида лупинина [4].

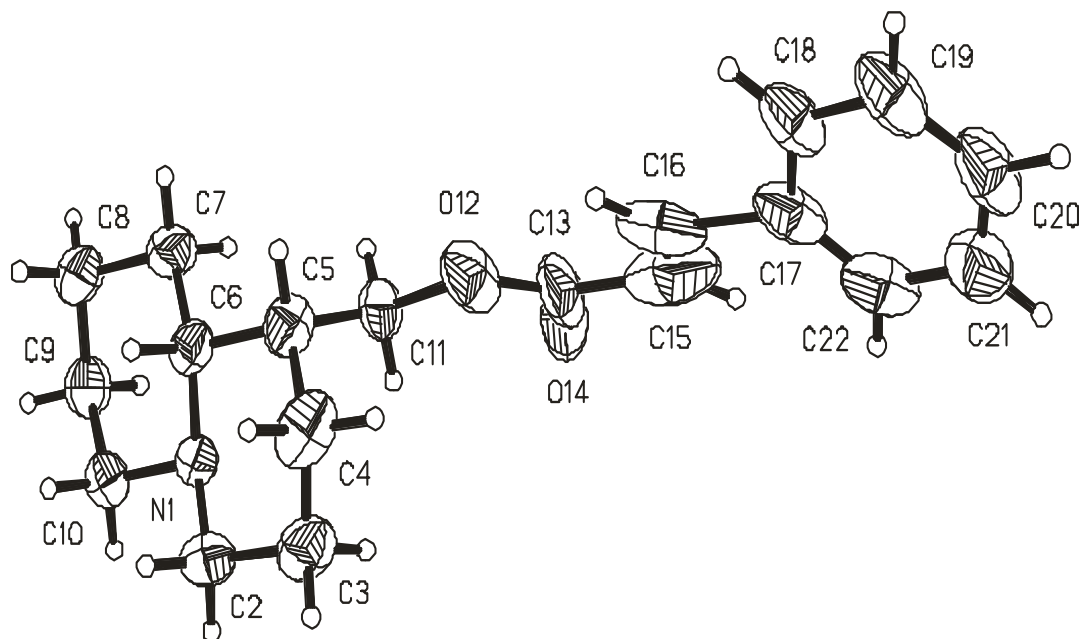


Рис. 1. Кристаллическая структура (2) (эллипсоиды тепловых колебаний показаны с вероятностью 30%).

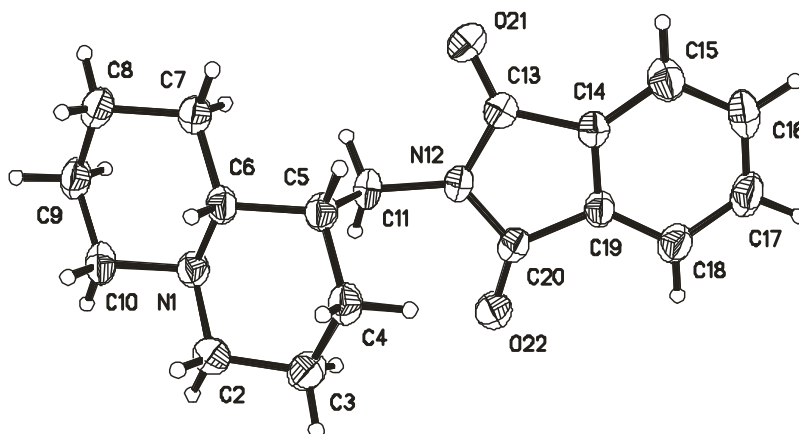


Рис. 2. Кристаллическая структура (4) (эллипсоиды тепловых колебаний показаны с вероятностью 30%).

Из анализа геометрии молекулы (2) установлено, что длины связей в фенильном цикле несколько меньше стандартных (1.384 Å) [5] вследствие больших тепловых колебаний атомов цикла. Константы приведенных изотропных тепловых колебаний $U_{\text{экв}}$ составляют 0.096-0.125 Å². Высокие тепловые колебания у атомов O1, O2, C11-C13 ($U_{\text{экв}}$ в пределах 0.123-0.156 Å²), соединяющих лупининовый каркас и фенильный цикл, приводит к значительному отклонению длин связей от стандартных (приведены в скобках): O12-C13 1.361 (1.332), C13-C15 1.642 (1.340), C15-C16 1.063 (1.340) и C16-C17 1.759 (1.488) Å. Необходимо отметить, что степень разупорядоченности этих атомов имеет динамический, а не статический, характер. Значения электронной плотности вышеуказанных атомов несколько размазаны в пространстве, но не разделяются на отдельные. В соединений (4) длины связей и валентные углы близки к обычным [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК (грант №AP23487712)

Список использованных источников:

1. Schepetkin I.A., Nurmagambetov Z.S., Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Khlebnikov A.I., Seilkhanov T.M., Kishkentaeva A.S., Shults E.E., Quinn M.T. Inhibition of Acetylcholinesterase by Novel Lupinine Derivatives // *Molecules*. - 2023. Vol. 28. - P. 3357.
2. Nurmagambetov Z.S., Nurkenov O.A., Khlebnikov A.I., Fazylov S.D., Seidakhmetova R.B., Tukhmetova Z.K., Takibayeva A.T., Khabdolda G., Rakhimberlinova Z.B., Kaldybayeva A.K., Shults E.E. Antiviral Activity of (1S,9aR)-1-[(1,2,3-Triazol-1-yl)methyl]octahydro-1H-quinolizines from the Alkaloid Lupinine // *Molecules*. - 2024. Vol. 29. - P. 5742.
3. Koziol A.E., Kosturkiewicz Z., Podkowinska H. Structure of the alkaloid lupinine // *Acta Crystallogr., Sect.B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem.* - 1978. Vol. 34. - P. 3491-3494.
4. Koziol A.E., Gdaniec M., Kosturkiewicz Z. Structure of (–)-lupinine hydrochloride // *Acta Crystallogr., Sect.B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem.* - 1980. Vol. 36. - P. 980-981.
5. Allen F.H., Kennard O., Watson D.G., Brammer L., Orpen A.G., Taylor R. Tables of bond lengths determined by X-ray and neutron diffraction // *J. Chem. Soc.* - 1987. Vol. 2. - P. 1-19.

УДК 547.854+548.737 Нурмаганбетов Ж.С. (Караганда, ТОО «ИОСУ РК»)
Нуркенов О.А. (Караганда, ТОО «ИОСУ РК»)
Фазылов С.Д. (Караганда, ТОО «ИОСУ РК»)

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ 1-((4-(4-(БЕНЗИЛОКСИ)-3-МЕТОКСИФЕНИЛ)-1*H*-1,2,3-ТРИАЗОЛ-1-ИЛ)МЕТИЛ)ОКТАГИДРО-1*H*-ХИНОЛИЗИН

Как известно, при помощи химической модификации можно получить биологически активные вещества или повысить активность исходного соединения. Поэтому на основе лупинина проведен ряд химических превращений, для получения новых биологически активных веществ на его основе. Модификационные возможности строения молекулы лупинина позволяют провести целенаправленные синтезы новых соединений и изучить их биологические свойства. Многие из производных алкалоида (-)-лупинина (**1**) оказались ценными биологически активными веществами [1,2], что и послужило стимулом для всестороннего их изучения, а также поиска методов конструирования более сложных структур.

Интерес к лупинину обусловлен его широким спектром биологического действия. Данный алкалоид является бактерицидным, незначительно седативным действием и обладает глистогонными и гипотензивными активностями [3]. В чистом виде лупинин не применяется, а служит сырьем для получения хлористоводородного лупикаина, применяющегося в качестве средства для местной анестезии [4]. Эфиропроизводные лупинина, обладают противовирусной и гепатопротекторной активностью [5].

В настоящей работе нами описывается синтез лупинил-азида (**3**) и последующее получение его потенциально биологически активного производного, содержащего 1,2,3-триазольный заместитель.

Азид лупинина получали из лупинина в две стадии. Взаимодействие лупинина (**1**) с метансульфонилхлоридом в присутствии Et₃N в CH₂Cl₂ приводило к октагидро-2*H*-хинолизин-1-ил)метилметансульфонату (**2**), реакцией которого с NaN₃ в среде ДМФА получали соответствующий органический азид хинолизинового типа (**3**).

Взаимодействие лупинилазида (**3**) с арилалкином [4-бензилокси-3-метоксифенилацетилен] гладко протекало в среде ДМФА в присутствии медного купороса CuSO₄×5H₂O и аскорбата натрия (NaAsc) при нагревании до 75°C (контроль ТСХ). После колоночной хроматографии на силикагеле выделен 1-((4-(4-(бензилокси)-3-метоксифенил)-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил)метил)октагидро-1*H*-хинолизин (**4**), содержащий арильный заместитель в положении С-4 1,2,3-триазольного цикла (схема 1).

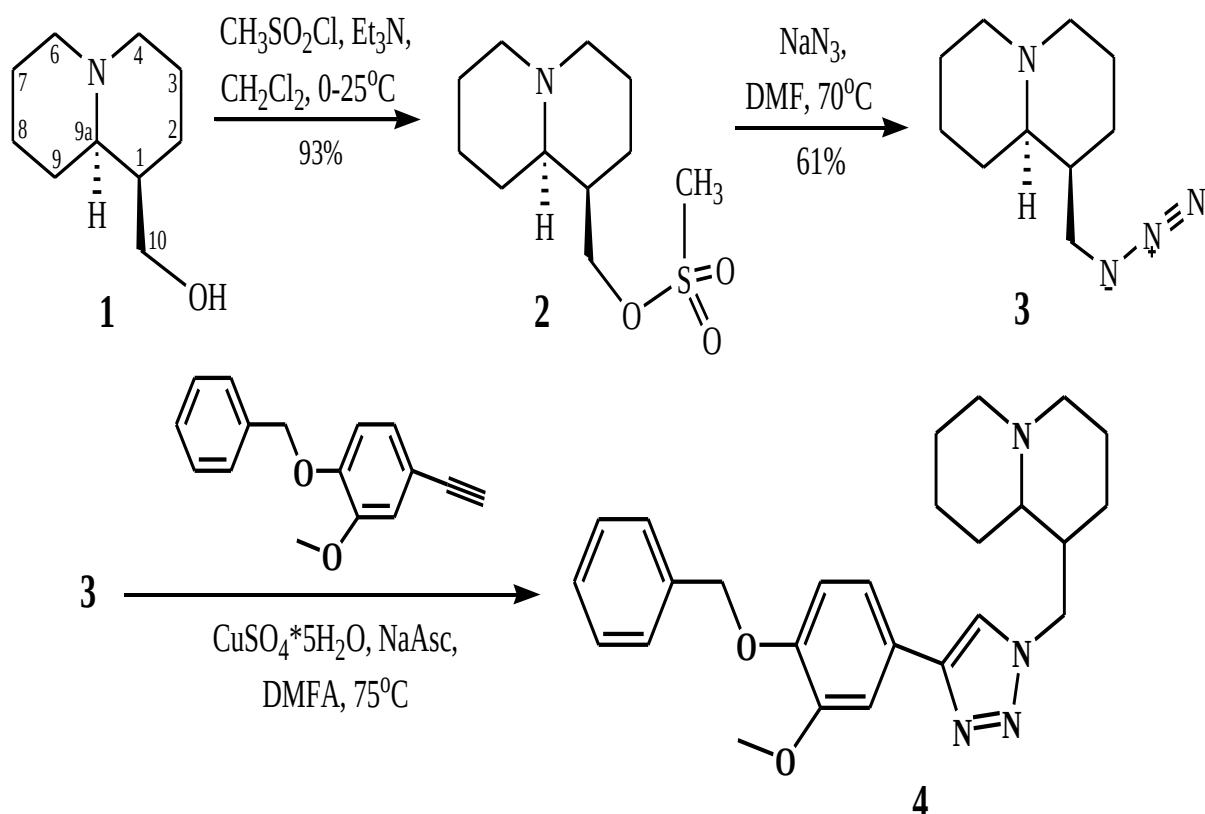


Схема 1. Синтез 1-((4-(4-(бензилокси)-3-метоксифенил)-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил)метил)октагидро-1*H*-хинолизин (**4**) из алкалоида (-)-лупинин (**1**).

Строение синтезированных соединений (**2-4**) подтверждены данными ЯМР ^1H и ^{13}C спектроскопии и масс-спектрометрии, а также методами двумерной спектроскопии ЯМР COSY (^1H - ^1H), HMQC (^1H - ^{13}C) и HMBC (^1H - ^{13}C), позволяющей установить спин-спиновые взаимодействия гомо- и гетероядерной природы.

Производное триазола (**4**) проявляет наиболее сильное ингибирование ацетилхолинэстеразы (AChEI) смешанного типа. При этом, АХЭ-ингибирующая активность соединения (**4**) была сопоставима с таковым галантамина ($\text{IC}_{50}=8,2\pm 1,3$ мкМ), известным ингибитором АХЭ, используемым при лечении легкой болезни Альцгеймера.

Присутствие бензилокси группы в пара-положении бензольного кольца приводила к максимальной активности соединения (**4**) ($\text{IC}_{50}=7,2$ мкМ). Соединение (**4**) имеет 4-бензилоксифенильный фрагмент, который также присутствовал в некоторых других ингибиторах АХЭ,

Так, идентифицировано соединение (**4**) как новый ингибитор АХЭ и показано, что он проявляет ингибирующую активность смешанного типа.

Таким образом, соединение 1-((4-(4-(бензилокси)-3-метоксифенил)-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил)метил)октагидро-1*H*-хинолизин (**4**) может быть

многообещающим кандидатом для оценки в экспериментальных моделях болезни Альцгеймера.

В результате проведенных исследований нами предложены и разработаны оптимальные условия модификации структуры алкалоида лупинина по положению С-10 с получением потенциально биоактивного 1,2,3-триазольного производного. Синтезированное производное лупинина с 1,2,3-триазольным фрагментом могут обеспечить дополнительные лиганд-рецепторные взаимодействия биологически активного субстрата, и тем самым, изменять селективность биологического действия субстрата. Строения синтезированного соединения подтвержден спектральными методами. В заключении следует отметить что интерес к лупинину и его производным за последние годы значительно возрос, в основном благодаря многогранности его фармакологического действия и особенно вследствие его применения для лечения болезни Альцгеймера. В связи с этим изыскиваются как новые растительные источники лупинина так и способы его отделения от сопутствующих соединений в растительных экстрактах, и синтеза на его основе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК (грант №AP23487712)

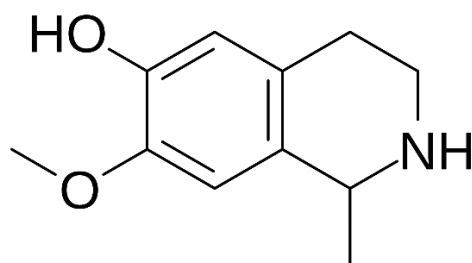
Список использованных источников:

1. Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Газалиев А.М., Нурмаганбетов Ж.С. Хинолизидиновые алкалоиды лупинин и цитизин. - Караганда: Гласир, 2022. - 400 с.
2. Gusarova N.K., Malysheva S.F., Oparina L.A., Belogorlova N.A., Tantsyrev A.P., Parshina L.N., Sukhov B.G., Tlegenov R.T., Trofimov B.A. Synthesis of novel alkaloid derivatives from vinyl ether of lupinine and pH-addends // Arkivoc. - 2009. Vol. 7. - P. 260-267.
3. **Schepetkin I.A.**, Nurmaganbetov Z.S., Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Khlebnikov A.I., Seilkhanov T.M., **Kishkentaeva A.S.**, Shults E.E., Quinn M.T. Inhibition of Acetylcholinesterase by Novel Lupinine Derivatives // Molecules. - 2023. Vol. 28. - P. 3357.
4. Nurmaganbetov Z.S., Nurkenov O.A., Khlebnikov A.I., Fazylov S.D., Seidakhmetova R.B., Tukhmetova Z.K., Takibayeva A.T., **Khabdolda G.**, Rakhimberlinova Z.B., Kaldybayeva A.K., Shults E.E. Antiviral Activity of (1S,9aR)-1-[(1,2,3-Triazol-1-yl)methyl]octahydro-1H-quinolizines from the Alkaloid Lupinine // Molecules. - 2024. Vol. 29. - P. 5742.
5. Абдувахабов А.А., Тлегенов Р.Т., Хаитбаев Х.Х., Вайзбург Г.И. Синтез сложных эфиров лупинина и их взаимодействие с холинэстеразами // Химия природных соединений. - 1990. №1. - С. 75-80.

Орал А.А. (Қарағанды, Академик Е.А.
Бөкетов атындағы Қарағанды университеті)
Мукушева Г.К. (Қарағанды, Академик
Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті)
Алиева М.Р. (Қарағанды, Академик
Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті)

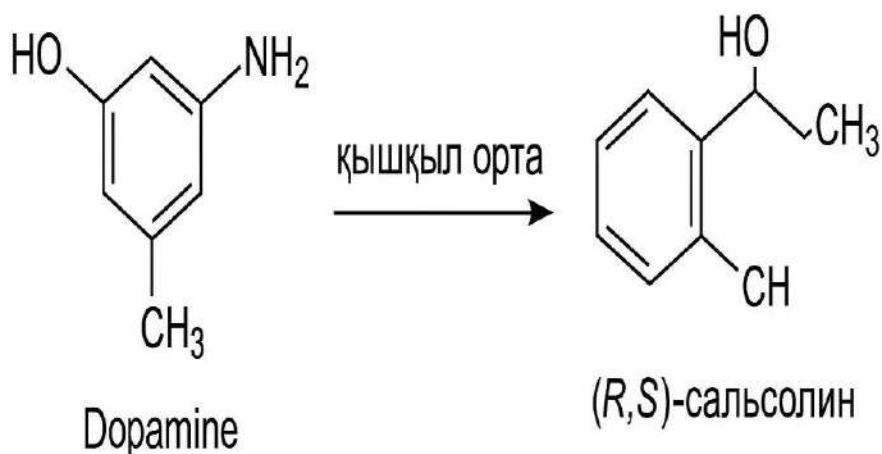
ИЗОХИНОЛИНДІ АЛКАЛОИД САЛЬСОЛИННІҢ СИНТЕЗІ МЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ

Изохинолинді құрылымындағы алкалоидтар – кең таралған биологиялық белсенді табиғи қосылыстар класы. Сальсолин – осы топтың көрнекті өкілі, ол негізінен Орта Азияда өсетін солянка Рихтера (*Salsola Richteri*) өсімдігінің жер үсті бөліктерінен алынатын алкалоид (1-сурет).



1-сурет. Сальсолин алкалоиды

Сальсолинге деген ғылыми қызығушылық оның нейропротекторлық, нейротоксикалық және антиоксиданттық қасиеттерімен байланысты. Сальсолиннің биосинтезі дофамин мен ацетальдегид арасындағы Pictet–Spengler реакциясы (2-сурет) арқылы жүреді. Бұл процесс қышқыл ортада өтеді және изохинолиннің тетрагидро туындысын береді [3].



2-сурет. Дофамин мен ацетальдегид арасындағы
Pictet–Spengler реакциясы

Қазіргі синтетикалық тәсілдер экологиялық тұрғыдан тиімді катализаторлар мен мультифункционалды реагенттерді қолдануға бағытталған. Сонымен қатар, ферментативтік жолмен, мысалы, дофамин-β-гидроксилаза қатысында биокатализ негізінде синтездеу әдістері де зерттелуде.

Сальсолиннің фармакологиялық әсері көбіне дофаминергиялық жүйеге әсер етуімен байланысты. Зерттеулер нәтижесінде оның дофамин тасымалдаушыларын тежейтіні, нейрональды клеткаларда тотығу стрессін тудыратыны және апоптоз процесін белсендіретіні анықталған. Бұл қасиеттері оны Паркинсон ауруының патогенезімен байланыстыруға мүмкіндік береді [1-5].

Сонымен қатар, изохинолинді алкалоид сальсолин туындыларын зерттеу аясында синтезделген сальсолин қатарындағы туындысы (2-(адамантан-1-карбонил)-7-метокси-1-метил-1,2,3,4 тетрагидроизо хинолин-6-ил адамантан-1-карбоксилат) антибактериалды және антимикробтық белсенділік көрсететіні анықталды. Бұл қасиеттер олардың биологиялық белсенділігінің кең ауқымдылығын дәлелдейді. Салыстыру препараттары - бензилпенициллин натрий тұзы, бактерияларға және нистатинге арналған гентамицин және ашытқы саңырауқұлағы *Candida albicans* болып табылады. Агарда диффузия әдісі сыналатын құралдың белгілі бір концентрациясымен тест-микроорганизмдердің өсу қысымын бағалауға негізделген. Үлгілердің микробқа қарсы белсенділігін бағалау сальсолин грам-позитивті бактериялардың штамдарына қатысты *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, грам-теріс бактериялары *Pseudomonas aeruginosa* және ашытқы саңырауқұлақтарына *Candida albicans* агарға диффузия әдісімен бағаланды (1-кесте).

1 - кесте

Микробқа қарсы белсенділік нәтижелері

Үлгінің шифры	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231
Туынды	23 ± 0,1	15 ± 0,1		-
Бензилпенициллин натрий тұзы	16 ± 0,1	14 ± 0,1	-	-
Гентамицин	24 ± 0,1	21 ± 0,2	27 ± 0,1	-
Нистатин	-	-		21 ± 0,2

Соңғы зерттеулер сальсолиннің жаңа жартылай синтетикалық туындыларының алынуы мен олардың нейропротекторлық белсенділігін

тестілеуді қамтиды. Атап айтқанда, полифункционалды топтармен модификацияланған сальсолин молекулалары нейрондарды тотығу стрессінен қорғайтыны дәлелденген [2].

Бұл бағыт Паркинсон және Альцгеймер ауруларына қарсы ықтимал дәрілік заттар әзірлеуде ерекше маңызға ие. Соңғы жылдары алынған нәтижелер сальсолин мен оның туындыларының биожетімділігі мен рецепторлармен әсерлесу ерекшеліктерін жетілдіруге мүмкіндік беруде [4]. Нәтижесінде, сальсолин негізіндегі қосылыстар келешекте орталық жүйке жүйесі ауруларын емдеуде қолданылуы мүмкін.

Әдеби және эксперименттік мәліметтерге сүйене отырып, сальсолин және оның туындылары қазіргі медициналық химиядағы өзекті зерттеу нысандарының бірі екені анықталды. Бұл қосылыстың дофаминергиялық жүйеге әсері, тотығу стрессін индукциялауы, сондай-ақ антиоксиданттық, нейропротекторлық және нейротоксикалық қасиеттері оның Паркинсон сияқты нейродегенеративті аурулармен байланысын көрсетеді. Сонымен қатар, соңғы жылдары сальсолиннің жартылай синтетикалық туындыларына жүргізілген зерттеулер олардың фармакологиялық белсенділігін арттыруға, рецепторлармен байланысу қабілетін күшейтуге және биожетімділігін жақсартуға бағытталғанын дәлелдеді. Әсіресе, модификацияланған туындылардың антибактериальды және антимикробтық белсенділігі анықталып, оларды инфекциялық ауруларға қарсы да қолдануға болатыны байқалды. Осылайша, сальсолин — құрылымдық қарапайымдылығы мен көпқырлы биологиялық белсенділігі бар перспективалы молекула. Болашақта бұл алкалоид пен оның туындылары негізінде нейродегенеративті, инфекциялық және қабыну ауруларын емдеуге бағытталған жаңа дәрілік препараттар жасау мүмкіндігі бар. Бұл үшін қосылыстардың құрылым-әсер байланысын терең зерттеп, молекулалық механизмдерін жан-жақты талдау қажет.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Cao, Z., et al. 'Salsolinol-induced neurotoxicity and underlying mechanisms in dopaminergic neurons.' *Neurotoxicity Research*, 2021.
2. Kim, J., et al. 'Development of salsolinol derivatives as potential neuroprotective agents.' *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2020.
3. Li, S., et al. 'Oxidative stress and apoptosis induced by salsolinol in human neuronal cells.' *Frontiers in Pharmacology*, 2019.
4. Wang, Y., et al. 'Design, synthesis, and evaluation of novel salsolinol analogs with improved neuroprotective activity.' *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2023.
5. Ahmed, F., et al. 'Neuroprotective effects of salsolinol analogs: in vitro and in vivo studies.' *International Journal of Molecular Sciences*, 2022.

АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН
МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СОРБЕНТТЕР

Қазақстанда қардың күрт еруі мен мол жаңбырдың салдарынан үнемі байқалатын көктемгі су тасқыны жағдайында су объектілері айтарлықтай ластануға ұшырайды. Өнеркәсіптік, ауылшаруашылық және тұрмыстық қалдықтарды жаппай жуу ағынды сулар көлемінің де, әртүрлі ластаушы заттардың концентрациясының да күрт өсуіне әкеледі. Нәтижесінде су қоймаларында тоқтатылған бөлшектердің, мұнай өнімдерінің, еріген ауыр металдардың, фосфаттардың және басқа да химиялық белсенді қосылыстардың жоғары деңгейі тіркеледі. Бұл жағдай ластанудың күрт өсуін тез және тиімді жеңе алмайтын қолданыстағы тазарту қондырғыларына ауыр жүктеме туғызады, бұл су сапасының нашарлауына, экожүйелердің бұзылуына және халықтың денсаулығына қауіп төндіреді.

Бұл мәселені шешу үшін механикалық, биологиялық, химиялық және адсорбциялық өңдеудің төрт кезеңін дәйекті қолдануды көздейтін ағынды суларды тазартудың интеграцияланған жүйесін қолдану перспективалы болып табылады. Осы кезеңдердің әрқайсысы ластаушы заттардың белгілі бір тобын жоюға бағытталған және су тасқынына тән жоғары жүктеме жағдайында жұмыс істеу үшін оңтайландырылған.

Механикалық тазартудың бірінші кезеңінде ағынды су 2-5 мм ұяшықтары бар тор арқылы өтеді, бұл үлкен бөлшектерді, қоқыстарды және өсімдік қалдықтарын ұстауға мүмкіндік береді. Содан кейін ол құм тұзағына түседі, онда 10-20 минут ішінде құм мен лай сияқты ауыр суспензиялар орналасады. Осыдан кейін су май ұстағышқа жіберіледі, бұл бөлгіш шұңқыр, онда майлар мен майлар тығыздықтың айырмашылығына байланысты бөлінеді. Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, механикалық тазартудан кейін бақылау сынамаларындағы тоқтатылған заттардың концентрациясы 90 ± 5 – тен 15 ± 2 мг/дм³-ке, ал май мөлшері 5 ± 1 -ден 0.5 ± 0.2 мг/дм³-ке дейін төмендеді.

Келесі кезең биологиялық тазартуды қамтиды, ол 20 л аэрациямен 5-10 л/мин аэрациямен жүзеге асырылады. процесте судың оттегімен қанығуына және органикалық заттардың тез ыдырауына ықпал ететін белсенді лай және бір жасушалы балдырлар хлорелла культурасы қолданылады. Өңдеудің оңтайлы параметрлеріне рН 7.2 және температура 25-28°C кірді. Эксперимент 6 сағаттық тазалаудан кейінгі сынамалар үшін еріген оттегінің деңгейі 5.2 ± 0.3 -тен 6.8 ± 0.3 мг/л-ге дейін жоғарылағанын

және оттегінің биохимиялық қажеттілігі 28 ± 2 -ден 12 ± 1 мг O_2 /л-ге дейін төмендегенін анықтады, бұл ластанудың 57% төмендеуіне тең.

Үшінші кезең темір коагулянт хлориді ($FeCl_3$) қолданылатын химиялық тазартуды қамтиды. рН 6.5 кезінде 10 л араластырғыш камерадағы алдын ала өңделген суға 15 минут ішінде 20 ± 2 мг/л дозада коагулянт енгізіледі. Содан кейін су тұндырғышқа 30 минутқа түседі, онда флокулалар тұндырылады. Жүргізілген сынақтар нәтижесінде тоқтатылған заттардың концентрациясы 15 ± 2 -ден 4 ± 1 мг/л-ге дейін төмендеді, ал коллоидты бөлшектердің мөлшері 10 ± 1 -ден $1,5 \pm 0,5$ мг/л-ге дейін төмендеді [1].

Соңғы кезең - адсорбциялық тазарту - күнбағыс қабығына негізделген модификацияланған белсендірілген көмір мен биосорбентті қолдану арқылы екі сатыда жүзеге асырылады. Бірінші бағанда (150 мл, ағын жылдамдығы 1.5 мл/мин, жанасу уақыты ~100 минут) ауыр металдар мен ұсақ органикалық қосылыстар жойылады. Эксперименттік деректер қорғасынның мөлшері 0.015 – тен 0.003 мг/дм³-ке дейін, ал кадмий 0.003-тен 0.001 мг/дм³-ке дейін төмендегенін көрсетті. Осыдан кейін су сорбентпен толтырылған екінші адсорбциялық бағанға түседі, онда рН 7.8 және 30°C температурада фосфаттардың адсорбциясы жүреді. Нәтижесінде сынамалардағы фосфат концентрациясы 0.8-ден 0.15 мг/дм³-ке дейін төмендеді.

Осылайша, механикалық, биологиялық, химиялық және адсорбциялық өңдеуді дәйекті қолдануға негізделген Ағынды суларды тазартудың ұсынылған интеграцияланған жүйесі эксперименттік дәлелдермен расталған ластаушы заттардың кең ауқымын жоюда жоғары тиімділігін көрсетті.

Нәтижелер интеграцияланған жүйенің барлық кезеңдерін дәйекті қолдану ластаушы заттардың концентрациясын қатаң экологиялық стандарттарға сәйкес келетін деңгейге дейін төмендетуге мүмкіндік беретіндігін көрсетеді. Сонымен қатар, әзірленген технология ағынды сулардың көлемі мен ластану деңгейі күрт артқан кезде су тасқынының төтенше жағдайларына жоғары бейімділікке ие. Бұл жүйені төтенше жағдайлар аймақтарында жедел өрістетуге және зардап шеккен аймақтарда су сапасын қалпына келтіруді қамтамасыз етуге қабілетті мобильді тазарту қондырғыларын құру үшін перспективалы етеді.

Тұтастай алғанда, бұл жүйелер су тапшылығы мәселесін шешу, қоршаған ортаны қорғау және тұрақты дамуды қамтамасыз ету үшін перспективалы бағыт болып табылады.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі:

1. А.Т. Оралова, К.Н. Тойлюбаева, Е.А. Цешковская, Н.К. Цой Технология получения модифицированного активированного угля и исследование и его сорбционных свойств. - Вестник КазУТБ, 2025. - №1. - -С. 169-178. (ККСОН). <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.26-678>

EXPEDIENCE OF ENZYMATIC BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING
METHODS TO OBTAIN COLLAGEN FROM POULTRY LEGS

The practice of recent decades has shown that poultry production has become a game changer in providing the population with protein meat products – now about 75% of the raw materials of the meat industry of Ukraine belong to poultry meat, primarily broiler one. This is the reason for the formation of enormous amounts of waste that can be used with great benefit. For example, a significant share of waste from slaughter and primary processing of poultry, namely legs, are a source of valuable animal protein – collagen, because its content reaches 70% of the total amount of proteins. Now the legs of slaughter poultry have limited use for food purposes due to the peculiarities of the morphological composition, that is, a significant content of bone tissue, as well as the lack of technical ability to remove pulp tissue, which is represented by coarse connective tissue. The involvement of this raw material in industrial processing can be based on preliminary preparation aimed at disrupting the original structure and facilitating the separation of ballast parts. Therefore, one of the main tasks of achieving effective use of chicken legs for food purposes is to find effective methods of preliminary preparation, which should provide the necessary degree of destruction of this specific raw material. Preliminary processing of collagen-containing raw materials can be performed in different ways, causing greater or lesser changes in the native structure. The processing can be performed by physical methods by mechanical dispersion; chemically by treatment with acidic and alkaline reagents to disrupt the supramolecular structures of collagen, its partial hydrolysis, which causes an increase in the solubility of the protein, and accordingly a change in the functional properties. And it also worth mentioning that together with above methods an enzymatic method of using substances with a general proteolytic effect or collagenase activity [1] can be applicable in certain technologically and practically substantiated cases.

A great number of animal and poultry raw materials containing collagen undergo different processing procedures aiming at changes in the native structure of the said materials. [2]. Enzymes are known to enhance the extraction of collagen this being biologically active that is not altering the amino acids that compose it. Other advantages of the enzymatic method are low energy consumption, basic reaction conditions, and avoiding corrosion of the technological equipment. Among the disadvantages of the enzymatic method are those: rather long reaction time as well as the fact that complete hydrolysis does not occur in the case [3]. For the purpose a number of different enzymes are used in the process of retaining the collagen triple-helix are pepsin, trypsin, papain, and

alcalase – a certain enzyme is mixed with material to be treated, and the enzymatic digestion is performed. Subsequently, in the collagen solubilization process, the acetic acid is added to the samples and incubated for a certain time. Finally, the mixture is filtered and the fiber is formed to be dialyzed and thus the purified collagen can be obtained [3, 4].

The enzyme used for the purpose is pepsin. This helps obtaining the collagen characterized as a mixture of type I and II collagens, justifying the effectiveness of pepsin digestion [3, 5]. Alternatively the samples may be suspended in an acetic acid solution with papain. In the case the similarity in composition and molecular weight between chicken foot collagen and commercial collagens highlights the effectiveness of papain digestion. Such enzyme as trypsin is also reported to be used for collagen extraction from chicken feet.

Different biotechnological methods used in practice today have become an actual revolution in the whole area of the agricultural and food applications. Used in industrial scale the said methods allow more precise and effecting fulfillment of traditional technological operations as well as designing operations being completely novel ones. In the course, the information provided allows concluding that it is possible to use enzymatic processing of raw materials from poultry legs, however, such processing is not without alternatives, and other methods can also be used for this purpose. In general, it is recommended to process the legs of slaughtered poultry in two stages, which allows us to properly take advantage of the advantages of biotechnological and other methods of processing such raw materials. The principal problem of the whole issue seems to be a proper choice of an enzyme being technologically and practically expedient.

References:

1. Voitsekhivska, L., Franko, O., Okhrimenko, Yu., & Havrilenko, A. (2019). *Bilkovi produkty vid pererobky vtoryynoi syrovyny ptakhopererobnoi haluzi [Protein products from the processing of the secondary raw materials of the poultry-processing industry]*. *Prodovolchi Resursy [Food Resources]*, 13, 51-58, <https://doi.org/10.31073/foodresources2019-13-05> [In Ukrainian].
2. Verbytskyi, S., Voitsekhivska, L., Patsera, N., & Okhrimenko, Yu. (2024). *Biotechnological basics and practical methods of processing collagen-containing raw materials from poultry*. *Food Resources*, 22(12), 7-15, <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-0>.
3. Torres Ospina, C. D. (2022). *Obtención de colágeno a partir de subproductos avícolas con potencial uso en la síntesis de materiales poliméricos para aplicaciones biomédicas*. Universidad del Rosario, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Programa de Ingeniería Biomédica, Bogotá D.C.
4. Kim, H. W., Yeo, I. J., Hwang, K. E., Song, D. H., Kim, Y. J., Ham, Y. K., Jeong, T. J., Choi, Y. S., & Kim, C. J. (2016). *Isolation and Characterization of Pepsin-soluble Collagens from Bones, Skins, and Tendons in Duck Feet*. *Korean journal for food science of animal resources*, 36(5), 665–670. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.5.665>.
5. Owczarzy, A., Kurasiński, R., Kulig, K., Rogóż, W., Szkudlarek, A., & Maciążek-Jurczyk, M. (2020). *Collagen-structure, properties and application*. *Engineering of biomaterials*, 23(156), <https://doi.org/10.34821/eng.biomat.156.2020.17-23>.

IN SILICO ИССЛЕДОВАНИЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ
КУРКУБИТ[n]УРИЛОВ С ДОФАМИНОМ И ТРИПТОФАНОМ

Инкапсуляция лекарственных соединений в молекулярные контейнеры – это современный метод повышения эффективности доставки препаратов. Эти контейнеры защищают активные вещества от разрушения, улучшают их растворимость и обеспечивают точное высвобождение в нужной области организма. Такие технологии сегодня активно применяются в фармакологии и наноразработках, открывая новые возможности для персонализированной медицины.

Кукурбит[n]урилы (CB[n]) представляют собой семейство макроциклических соединений, состоящих из n-гликоурильных единиц, самоорганизующихся из кислотно-катализируемой реакции поликонденсации между гликолурилом и формальдегидом [1] (Рисунок 1).

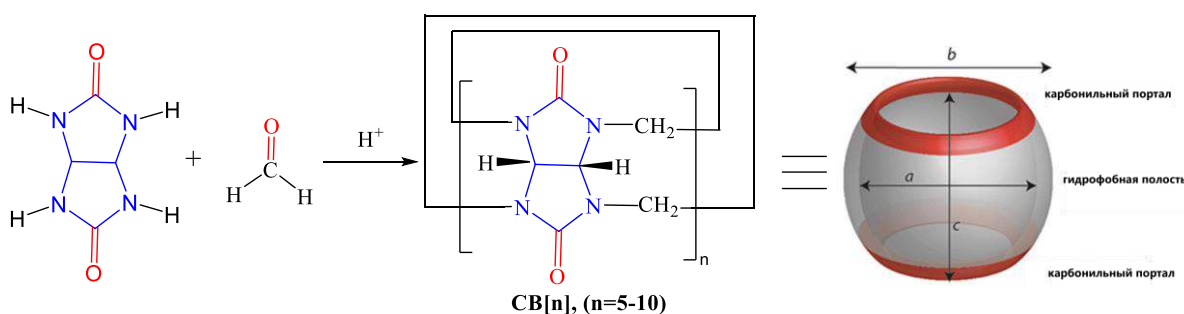


Рисунок 1 Схема синтеза кукурбит[n]урилов (CB[n])

Образующиеся в результате синтеза кукурбит[n]урилы представляют собой имеющие форму полого бочонка макроциклические системы, построенные из нескольких ($5 \leq n \leq 10$) гликоурильных фрагментов, соединенных через метиленовые мостики. Своё тривиальное название — кукурбитурил (cucurbituril) — получил в связи с внешним сходством формы молекулы с тыквой (лат. *cucurbitus*). Молекулы кукурбитурилов имеют гидрофобную полость и два идентичных карбонильных портала. Наиболее распространенными членами семейства кукурбитурилов являются [2]: кукурбит[5]урил (CB[5]) – молекулярная формула $C_{40}H_{40}N_{20}O_{20}$; кукурбит[6]урил (CB[6]) – молекулярная формула $C_{48}H_{48}N_{24}O_{24}$; кукурбит[7]урил (CB[7]) – молекулярная формула $C_{56}H_{56}N_{28}O_{28}$; кукурбит[8]урил (CB[8]) – молекулярная формула $C_{64}H_{64}N_{32}O_{32}$; кукурбит[10]урил (CB[10]) – молекулярная формула $C_{80}H_{80}N_{40}O_{40}$ (Рисунок 2).

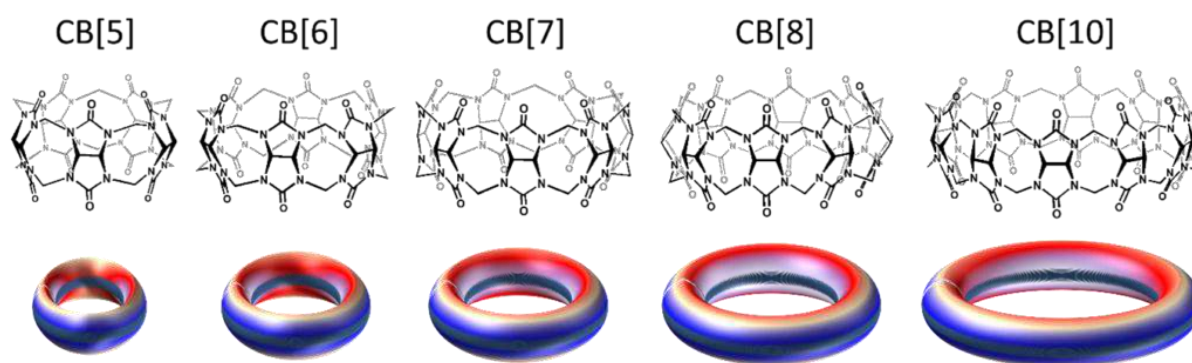


Рисунок 2 Молекулы кукурбит[*n*]урилов (CB[*n*])

Размеры внутренней полости молекулы кукурбитурила (Таблица 1) позволяют включать небольшие органические молекулы, образуя комплексы типа «гость—хозяин», в то время как образованные карбонильными группами порталы способны связывать катионы металлов [3].

Таблица 1 Структурные параметры CB[*n*] и некоторые физико-химические свойства

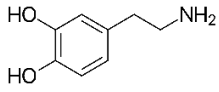
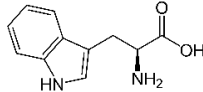
CB[<i>n</i>]	Мг, г/моль	Внутренний диаметр <i>a</i> , Å	Внешний диаметр <i>b</i> , Å	Высота <i>c</i> , Å	Объем внутренней полости, Å ³	Растворимость в воде SH ₂ O, мМ/л
CB[5]	830	4,4	13,1	9,1	68	20-30
CB[6]	996	5,8	14,4	9,1	142	0,03
CB[7]	1163	7,3	16,0	9,1	242	5
CB[8]	1329	8,8	17,5	9,1	367	<0,01
CB[10]	1661	11,7	20,0	9,1	691	<0,05

Определение строения кукурбитурилов дало импульс широкому исследованию этих соединений как супрамолекулярных контейнеров, способных образовывать устойчивые комплексы с лекарственными препаратами, защищая их от деградации и улучшая их растворимость в биологических средах, обеспечивая точную доставку действующего вещества в нужные ткани. В рамках данного исследования были изучены супрамолекулярные комплексы кукурбитурилов с дофамином и триптофаном с помощью метода молекулярного докинга.

Дофамин и триптофан являются биологически активными веществами, участвующими в нейромедиаторной регуляции и влияющими на психоэмоциональное состояние, когнитивные функции и работу мозга человека. Дофамин является нейромедиатором, который влияет на мотивацию, удовольствие и настроение. Триптофан — это аминокислота, которая участвует в синтезе серотонина, а серотонин, в свою очередь, может превращаться в мелатонин. Оба вещества играют важную роль в регуляции эмоционального состояния и когнитивных функций, однако их практическое применение в медицине ограничено вследствие низкой биологической доступности и плохой устойчивости. Инкапсуляция триптофана и дофамина в кукурбитурилах открывает перспективы для адресной доставки

лекарств, улучшая их стабильность, растворимость и биодоступность, что может повысить эффективность терапии неврологических и психиатрических заболеваний. Поэтому представляло интерес теоретически обоснованно выбрать молекулярный контейнер из ряда куркубитурилов, соответствующий параметрам молекул триптофана и дофамина. С этой целью было выполнено молекулярное моделирование супрамолекулярных комплексов кукурбит[*n*]урилов (*n*=5-10) с дофамином и триптофаном с помощью программы AutoDock Vina и оценена эффективность межмолекулярного взаимодействия «хозяин (макромолекула) – гость (лиганд)» с помощью оценочной функции аффинность связывания (Таблица 2).

Таблица 2 Аффинность связывания, ккал/моль

Макромолекула \ Лиганд	Дофамин 	Триптофан 
CB[5]	-2,8	-3,4
CB[6]	-3,2	-3,2
CB[7]	-5,2	-5,0
CB[8]	-4,9	-6,0
CB[9]	-4,6	-5,6
CB[10]	-4,0	-5,0

Как видно из представленных в Таблице 2 данных, для дофамина наиболее эффективное комплексообразование происходит с кукурбит[7]урилом, в случае триптофана кукурбит[8]урил демонстрирует наиболее высокую аффинность связывания. Это хорошо согласуется с имеющимися литературными данными [4-5].

Список использованных источников:

1. Kim, K., Selvapalam, N., Ko, Y. H., Park, K. M., Kim, D., & Kim, J. (2007). Functionalized Cucurbiturils and Their Applications. *ChemInform*, 38(20). Portico. <https://doi.org/10.1002/chin.200720239>
2. Assaf, K. I., & Nau, W. M. (2015). Cucurbiturils: from synthesis to high-affinity binding and catalysis. *Chemical Society Reviews*, 44(2), 394–418. <https://doi.org/10.1039/c4cs00273c>
3. Das, D., Assaf, K. I., & Nau, W. M. (2019). Applications of Cucurbiturils in Medicinal Chemistry and Chemical Biology. *Frontiers in Chemistry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00619>
4. Suleiman, A. H., El-Barghouthi, M. I., Bodoor, K., Assaf, K. I., Abuhasan, O. M., Kulaib, B. F., Ghanem, R., & Ismail, A. I. (2024). Cucurbit[7]uril and β -cyclodextrin as hosts for dopamine: complexation, affinity, and computational insights. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/07391102.2024.2435625>
5. El-Barghouthi, M. I., Bodoor, K., Abuhasan, O. M., Assaf, K. I., Al Hourani, B. J., & Rawashdeh, A. M. M. (2022). Binary and Ternary Complexes of Cucurbit[8]uril with Tryptophan, Phenylalanine, and Tyrosine: A Computational Study. *ACS Omega*, 7(12), 10729–10737. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c00511>

СТРУКТУРА, СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ EuDyCuTe_3 : АВ ИНИТЮ
РАСЧЕТ

Монокристаллы соединения EuDyCuTe_3 были получены с использованием метода галогенидного флюса. Параметры э.я. вычисленные методом DFT для EuDyCuTe_3 , демонстрируют хорошее совпадение с экспериментальными данными (таблица 1).

Таблица 1. Параметры элементарной ячейки соединения EuDyCuTe_3 .

	$a, \text{\AA}$	$b, \text{\AA}$	$c, \text{\AA}$	$V, \text{\AA}^3$
Ехр.	11.2695(7)	4.3178(3)	14.3304(9)	697.31(8)
PBE	11.2971	4.3504	14.2474	700.22

Частоты и типы фононных мод, получены из расчетов DFT (таблица 2, рисунок 1).

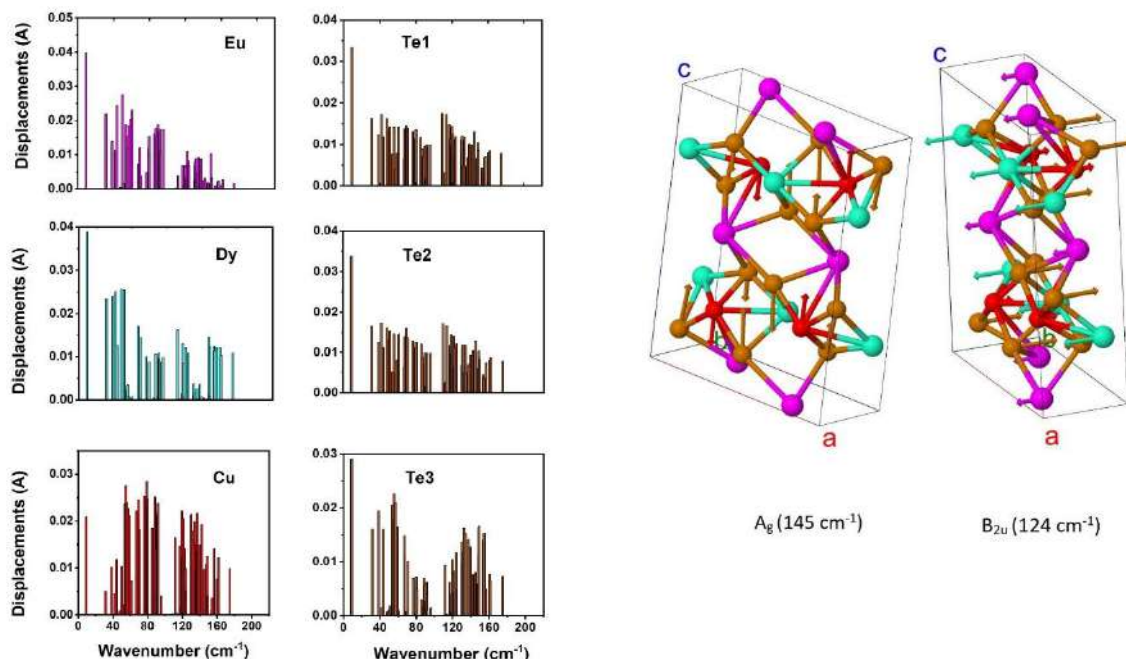


Рисунок 1. Смещения ионов в фононных модах (слева) и в двух ИК и рамановских модах с максимальной интенсивностью (справа) в EuDyCuTe_3 . Расчеты показывают, что фононная мода A_g с приблизительной частотой 60 cm^{-1} в основном включает ионы меди и европия. В интенсивном режиме с частотой около 150 cm^{-1} преимущественно задействованы ионы теллура. Фононный спектр кристаллов EuDyCuTe_3 в фазе $Pnma$ охватывает частоты до около 200 cm^{-1} . Поскольку спектр ограничен низкими частотами, все ионы одновременно участвуют в этих режимах. Ионы европия и меди существенно задействованы в режимах с частотами, достигающими приблизительно 90 cm^{-1} и 150 cm^{-1} соответственно. Кроме того, редкоземельные ионы Dy^{3+} играют заметную роль в режимах с частотами до

около 80 см⁻¹. Ионы теллура вносят значительный вклад во всем диапазоне частот. Расчеты показывают фононную щель в диапазоне частот приблизительно 95–110 см⁻¹. Кроме того, результаты показывают, что большинство колебательных мод включают все или почти все ионы. Однако можно идентифицировать отдельные фононные моды, в которых участвуют только один или два типа ионов. Например, ионы Te1 и Te2 участвуют преимущественно в модах B_{2u} (109 см⁻¹) и B_{1g} (114 см⁻¹). Ионы Dy³⁺ и Te²⁻ участвуют преимущественно в модах A_g (154 см⁻¹) и B_{3u} (155 см⁻¹). Смещения ионов в наиболее интенсивной моде Рамана и в наиболее интенсивной моде ИК представлены на рисунке 1 (справа).

Таблица 2. Частоты (см⁻¹) и типы фононных мод в Г-точке для EuDyCuTe₃

Частоты	Тип	ИК		Раман		Участвующие ионы
		A/I	I(km·mol ⁻¹)	A/I	I	
9.16	A _g	I	0	A	40.8	Dy ^S , Eu ^S , Cu ^S , Te1 ^S , Te2 ^S , Te3 ^S
31.48	B _{3u}	A	23.09	I		Dy ^S , Eu ^S , Te1, Te2, Te3
38.44	A _g	I	0	A	0.14	Dy ^S , Eu, Cu, Te1, Te2, Te3
41.98	B _{1g}	I	0	A	0.11	Dy ^S , Eu, Te1, Te2
43.82	B _{2g}	I	0	A	0.09	Dy, Eu ^S , Cu, Te1, Te2, Te3
48.10	A _u	I	0	I		Dy ^S , Te1, Te2
50.17	B _{1u}	A	0.01	I		Eu ^S , Cu, Te1, Te2
51.43	B _{3g}	I	0	A	2.63	Dy ^S , Te1, Te2
54.19	B _{3g}	I	0	A	353.6	Eu, Cu ^S , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3 ^S
55.48	B _{1g}	I	0	A	0	Eu, Cu ^S , Te3 ^S
55.69	B _{3u}	A	0	I		Eu, Cu ^S , Te1, Te2, Te3
57.30	A _u	I	0	I		Eu, Cu ^S , Te3 ^S
58.79	A _g	I	0	A	645.92	Eu ^S , Cu ^S , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3
60.95	B _{2g}	I	0	A	461.89	Eu ^S , Cu ^W , Te1, Te2
67.12	B _{2u}	A	46.53	I		Dy, Eu ^W , Cu ^S , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3
67.29	B _{2g}	I	0	A	0.31	Dy, Cu, Te1, Te2, Te3
69.65	B _{1u}	A	0.34	I		Eu, Cu ^S , Te1, Te2
70.86	B _{3u}	A	39.9	I		Dy, Cu, Te1, Te2, Te3
76.67	A _g	I	0	A	0.25	Dy, Cu ^S , Te1, Te2, Te3 ^W
79.25	B _{2g}	I	0	A	327.17	Eu, Cu ^S , Te1, Te2
80.10	A _u	I	0	I		Eu, Cu ^S , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3 ^W
80.31	B _{1u}	A	120.24	I		Dy ^W , Eu ^W , Cu ^S , Te1, Te2
85.45	A _g	I	0	A	134.92	Eu, Cu, Te1, Te2
87.18	B _{3u}	A	174.75	I		Dy, Eu, Cu, Te1 ^W , Te2 ^W
88.30	B _{3g}	I	0	A	174.90	Eu, Cu ^S , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3 ^W
89.62	B _{3u}	A	0.25	I		Eu, Cu, Te1 ^W , Te2 ^W , Te3 ^W
90.76	B _{1g}	I	0	A	0.05	Dy, Eu, Cu ^S
91.45	B _{1u}	A	208.35	I		Dy ^W , Eu, Cu ^W , Te1 ^W , Te2 ^W , Te3 ^W
91.60	B _{2u}	A	3.28	I		Dy ^W , Eu, Cu ^S

92.15	B _{2g}	I	0	A	0.21	Dy ^W ,Eu,Cu ^S ,Te1 ^W ,Te2 ^W
95.88	A _g	I	0	A	0.24	Dy ^W ,Eu,Te1 ^W ,Te2 ^W
109.16	B _{2u}	A	0.13	I		Te1,Te2
111.91	B _{1u}	A	32.24	I		Dy,Cu,Te3 ^W
113.66	B _{1g}	I	0	A	132.82	Te1,Te2
117.05	A _u	I	0	I		Eu ^W , Cu,Te1,Te2,Te3 ^W
118.36	A _u	I	0	I		Dy,Te1,Te2
119.33	B _{3u}	A	697.09	I		Dy ^W ,Cu ^S ,Te1 ^W ,Te2 ^W
119.87	B _{1u}	A	0.02	I		Eu ^W ,Cu,Te1,Te2,Te3
119.92	B _{3g}	I	0	A	17.79	Eu ^W ,Cu,Te1,Te2,Te3 ^W
121.22	A _g	I	0	A	0.08	Dy ^W ,Cu ^S ,Te1 ^W ,Te2 ^W
121.29	B _{3g}	I	0	A	0.10	Dy,Te1,Te2
122.25	B _{2g}	I	0	A	0.05	Dy,Eu,Cu,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3 ^W
122.55	B _{1g}	I	0	A	0.06	Dy,Cu,Te1,Te2,Te3 ^W
123.97	B _{2g}	I	0	A	0.18	Eu ^W , Cu ^W ,Te1,Te2,Te3
124.28	B _{2u}	A	888.32	I		Dy,Eu ^W ,Cu ^W ,Te1,Te2
130.32	B _{1u}	A	15.36	I		Cu ^S ,Te1,Te2 ^W ,Te3 ^W
130.93	B _{1u}	A	140.83	I		Eu ^W ,Cu,Te1 ^W ,Te2,Te3
131.45	A _g	I	0	A	143.09	Eu ^W ,Te1,Te2,Te3
132.43	B _{2u}	A	399.72	I		Eu ^W ,Cu,Te3
132.44	B _{3g}	I	0	A	48.62	Eu ^W ,Cu,Te2 ^W ,Te3
133.99	B _{2g}	I	0	A	0.08	Cu ^W ,Te1,Te2,Te3
134.13	B _{3u}	A	0.02	I		Cu,Te1,Te2
134.25	A _u	I	0	I		Eu ^W ,Cu,Te3
137.11	A _g	I	0	A	59.45	Cu ^S ,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3
137.28	B _{1g}	I	0	A	0	Eu ^W ,Cu,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3
139.44	B _{3u}	A	0.32	I		Cu,Te1,Te2 ^W ,Te3
142.02	B _{2g}	I	0	A	204.41	Cu,Te1 ^W ,Te2,Te3 ^W
145.19	A _g	I	0	A	1000	Cu ^W ,Te1,Te2,Te3 ^W
147.67	B _{2g}	I	0	A	0.10	Dy,Cu,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3 ^W
148.87	B _{3u}	A	0.26	I		Eu,Te1,Te2 ^W ,Te3
149.02	B _{3u}	A	67.12	I		Dy,Cu,Te1 ^W ,Te2
149.18	B _{2g}	I	0	A	0.91	Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3
149.47	B _{1u}	A	0.03	I		Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3
153.60	A _g	I	0	A	0.28	Dy,Te3
154.57	B _{3u}	A	292.89	I		Dy,Te3
156.79	B _{1u}	A	354.1	I		Dy,Cu,Te1 ^W ,Te2 ^W
160.23	B _{1u}	A	21.65	I		Dy,Cu ^W ,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3 ^W
161.64	A _g	I	0	A	0.43	Dy,Cu,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3 ^W
174.83	B _{2g}	I	0	A	0	Dy,Cu ^W ,Te1 ^W ,Te2 ^W ,Te3 ^W

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭВТРОФИКАЦИИ В ВОДЕ РЕКИ РАЗДАН

Процессы эвтрофикации поверхностных водных систем считаются одной из актуальных современных экологических проблем. В настоящее время более 80% коммунально-бытовых сточных вод в мире не подвергается очистке и напрямую сбрасывается в поверхностные водоёмы. За последние десятилетия значительное увеличение антропогенного воздействия привело к накоплению высоких концентраций биогенных веществ в водоёмах, что ускоряет процесс естественной эвтрофикации [1–2]. Изучение химических механизмов эвтрофикации позволяет не только оценить текущий уровень загрязнения, но и прогнозировать экологические риски, а также разработать эффективные экологические меры охраны водных ресурсов. [3–4].

Целью данной научной работы является исследование тенденций процессов эвтрофикации в водах реки Раздан, что позволит оценить и своевременно принять экологические меры по охране пресноводной экосистемы [2–4].

В рамках работы были исследованы три участка реки Раздан, два из которых находились в пределах города Ереван, а также проведён анализ качества воды Ереванского озера и притока Гетар. Гидрохимические исследования были проведены в марте и апреле 2025 года. Всего было отобрано 10 проб воды в соответствии с требованиями ISO 5667. В пробах определялись значения pH, электропроводности, минерализации, растворённого кислорода, нитратов, нитритов, ионов аммония и фосфатов.

Результаты исследования показали, что вода в реке Раздан и Ереванском озере в марте-апреле 2025 года была слабощелочной и со средней минерализацией (табл. 1). В реке наблюдался нормальный кислородный режим, однако в воде нижних течений реки отмечены высокие концентрации биогенных веществ.

В Ереванском озере, как и в реке Раздан, гидрохимическое поведение биогенных веществ показало сезонные изменения, связанные с паводковым режимом реки. В марте концентрация ионов аммония в воде озера была в 7,3–14,7 раза выше, фосфатов – в 1,2–1,6 раза, минерализации – в 1,1–1,7 раза выше, чем в апреле.

В марте в воде реки Гетар наблюдалась слабо кислая среда с недостаточным содержанием растворённого кислорода. В апреле вода в реке была чрезвычайно загрязнённой фосфатами и ионами аммония — их концентрации увеличились соответственно в 13,4 и 4 раза. Из-за кислой

среды в марте аммоний подвергался нитрификации, что обусловило высокое содержание нитратов (примерно в 5,3 раза выше по сравнению с апрелем).

Таблица 1. Данные гидрохимических исследований.

Дата пробоотбора	рН	РК, мг/л	ЭП, Сим/см ²	Минер., мг/л	N- NO ₃ ⁻ мг/л	N- NO ₂ ⁻ мг/л	N- NH ₄ ⁺ мг/л	P- PO ₄ ³⁻ мг/л
Река Раздан - выше поселка Бжни								
21.03.2025г.	7.33	8.24	267	171	1.1	0.005	0.01	0.20
26.04.2025г.	7.51	8.44	249	159	0.5	0.010	0.01	0.18
Река Раздан - Ущелье Раздан								
26.03.2025г.	7.38	7.80	286	183	1.3	0.015	0.05	3.0
30.04.2025г.	7.21	7.79	123	79	0.6	0.014	0.06	4.0
Река Раздан - в черте города Ереван								
01.04.2025г.	8.05	9.41	132	85	3.9	0.016	0.12	1.5
Ереванское озеро								
26.03.2025г.	7.30	9.29	290	186	1.3	0.024	0.44	4.0
01.04.2025г.	7.66	9.33	278	178	2.1	0.029	0.03	2.5
30.04.2025г.	7.85	8.89	175	112	0.8	0.021	0.06	3.3
Река Гетар – в черте города Ереван								
26.03.2025г.	6.25	5.14	278	178	3.7	0.024	0.19	3.0
30.04.2025г.	7.37	7.19	251	161	0.7	0.028	2.55	11.9

Анализ показал, что загрязнение реки Раздан и её притока Гетара в основном связано с фосфатами и ионами аммония, поступающими в реку с неочищенными коммунально-бытовыми сточными водами.

Согласно установленным в РА нормам качества воды для рек, вода в реке Раздан в пределах города Ереван соответствовала 5-му (плохому) классу качества по содержанию фосфатов и 2-му (хорошему) или 3-му (среднему) классу по содержанию нитратов.

Качество воды Ереванского озера отнесено к 5-му (плохому) классу по высокому содержанию фосфатов. В отличие от участка Раздана, в озере также отмечено повышенное содержание ионов аммония.

Для сравнения была дана оценка и воде реки Гетар, которая оказалась самой загрязнённой, соответствующей 5-му (плохому) классу качества по содержанию фосфатов, нитратов и аммония. В Гетаре отмечены крайне выраженные процессы эвтрофикации, которые значительно влияют и на реку Раздан после впадения притока.

Максимальные концентрации гидрохимических показателей зафиксированы в реке Гетар и в Ереванском озере, что свидетельствует о высоком антропогенном давлении на водные экосистемы.

Проведённые исследования подтверждают, что в участке реки Раздан в пределах Еревана из-за сильного загрязнения интенсивно протекают процессы эвтрофикации. Ограничивающим фактором этих процессов является нитраты, а основной причиной эвтрофикации служат фосфаты. Речная система находится в переходном состоянии от мезотрофного к эвтрофному, что приводит к нарушению баланса водной экосистемы и постепенной деградации реки.

Исследование проводилось в рамках исследовательского гранта Научного Комитета Армении (25RG-1E072).

Литература:

1. Abid A. Ansari, Sarvajeet Singh Gill (2014) *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, Volume 2, Springer, 262p., <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6>
2. Margaryan L. A., Hayrapetyan S. S., Banyan L. S., Martiryan A. I., «Assessment of self-purification chemical processes of the river Hrazdan in Armenia», *Chemical Journal of Armenia*, v. 3-4, 2021, 239-244pp.
3. Л.А. Маргарян, Г.П. Пирумян, Г. С. Симонян, Э. Г. Пирумян, А. Г. Симонян, *Интегральная оценка экологического состояния природных вод на примере реки Раздан*, *Экологическая химия*, 2018, т.27 (вып.2), с. 92-98
4. Simonyan G.S., Simonyan A.G., Margaryan L.A., «A new approach for estimating the water quality of river Hrazdan», *Oxidation Communications*, Vol. 43, No 4, 2020, 861–869pp.

ЛУПАН ТРИТЕРПЕНОИДТАР ҚАТАРЫНДАҒЫ АМИНДЕНУ РЕАКЦИЯСЫНЫҢ МЕХАНИЗМІ, ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Қазіргі заманғы химия ғылымының басым бағыттарының қатарына жаңа жоғары тиімді биологиялық белсенді құралдарды іздестіруді қарқындату қажеттілігі жатады. Бұл міндетті шешудің бірі молекулалардың құрылысы олардың құрылымына субстраттардың негізгі терапиялық әсерін күшейтетін немесе биологиялық белсенділіктің жаңа, кейде күтпеген түрлеріне әкелетін әртүрлі функционалдық топтардың енгізілуіне ықпал ететін тритерпеноидтардың химиялық модификациясы болып табылады.

Алынған нәтижелер теориялық және практикалық қызығушылық танытады және терпеноидты қосылыстардың қазіргі заманғы органикалық химияның бірқатар өзекті мәселелерін шешуге елеулі үлес қосады.

Қырғыз (қазақ) қайыңы (*Betula kirghisorum*) экстракция жолымен этил, изопропил және бутил спирттері пайдаланылып, қайың қабығынан бетулиндік тритерпеноидтар алынады. Бұл үшін қайың қабығы (береста) кептіру пешінде 100^о С температурада салмағы тұрақты болғанша кептірілді. Кептірілген қайың қабығы әрі қарай қайшымен кесу арқылы 5-8 мм-ге өлшемге дейін ұсақталды

1-2 мм фракцияларға дейін ұсақталып, 1050 С температурада кептірілген салбыраңқы қайыңының қабығы (береста) бастапқы шикізат ретінде пайдаланылды. Ылғалдылығы 1% дан төмен. Ұсақталған береста гексан немесе этил спиртінің көмегімен 36- 40 сағат мөлшерінде экстракцияланды. Роторлы буландырғышта гександы буландырып ұшырғаннан кейін қалған гександы экстракт ақ түрлі ұсақ ұнтақ түрінде алынды. Балқу температурасы 2460С, құрғақ берестаға есептелгендегі шығымы 15-20 %. Берестаны этанолмен экстракциялау кезінде балқу температурасы 2600С, құрғақ берестаға есептелгендегі шығымы 34 % сұр түсті ұнтақ алынды.

Ұнтақ түрінде алынған берестадан бетулинді бөліп алу үшін кері салқындатқыш орнатылған шыны колбаға 100 г ұнтақ салынды, оған 60 г NaOH және 400 мл су құйылды. Колбаны үнемі араластырып отырып 95-1000С аралығында 3-6 сағат қыздырылды. Бұдан кейін колбаны 70-750С дейін температураға салқындатып, 1,5 л этил спирті құйылды. Араластырып отырып 30-40 минут қайнатылған ыстық ерітінді сүзгі арқылы сүзіліп алынды. Реакциялық қоспа (сүзінді) этил спиртінен айдау әдісінің көмегімен тазаланды. Бетулин сүзгіде ыстық сумен бірнеше рет шайылғаннан кейін бөлме температурасында кептірілді.

Қырғыз қайыңының қабығынан лупандық тритерпеноидтарды бөліп алу экстракциядау әдісінің көмегімен жүргізілді. Ол үшін кері

тоңазытқышпен жабдықталған 1 л көлемді дөңгелек түпті үш ауызды колбаға 15 г шикізат салынды. Колбаға 20 % 150 мл калий гидроксидінің сулы ерітіндісі және 375 мл спирт (этил, изопропил немесе бутил спирттері) құйылды. Содан кейін реакциялық қоспа 82°C-да 4 сағат сулы моншада қайнатылды. Эксперименттердің екінші сериясы ұқсас болды, бірақ экстракция уақыты 3 сағатқа дейін созылды. Эксперименттердің үшінші сериясында экстракция уақыты 4 сағатты құрады. Сілтінің концентрациясына және бутанол болған гидролиздің ұзақтығына байланысты натрий гидроксидінің су ерітіндісінде гидролизденген қабықтан бөлінген бетулиннің шығуы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. Натрий гидроксидінің қатысуымен гидролизденген қырғыз қайыңынан бутанолмен экстракцияланатын бетулиннің уақытқа байланысты шығымы

NaOH концентрациясы, %	Қайың қабығы гидролизінің ұзақтығы, сағ		
	2	3	4
	Бутанолмен экстракциялау кезінде бетулиннің шығуы, % от аб.с.б.		
15	2,9	4,9	2,5
20	6,5	10,9	5,9
25	5,9	7,6	5,5
30	3,9	5,2	2,7

1-кестеде көрсетілген деректерден көрініп тұрғандай, бетулиннің максималды шығуы қабық гидролизінде сілтінің 20% ерітіндісінде 3 сағат ішінде байқалады.

Тритерпеноидтарға және оның туындыларына деген қызығушылықтың соңғы уақытта ұдайы өсуі байқалады, бұл қосылыстардың биологиялық белсенділігінің кең спектріне негізделген. Бетулин мен оның бірқатар туындылары антиоксиданттық, қабынуға қарсы, ісікке қарсы, вирусқа қарсы, антисептикалық, гепатопротекторлық қасиеттерге ие екендігі дәлелденген. Жақын және алыс шетелдердің түрлі фармацевтикалық фирмалары әртүрлі аурулардың алдын алу және емдеу үшін экстракт, драже, сироптар және капсулалар түрінде бетулин негізінде препараттар шығарады. Осыған байланысты, осы жұмыстың мақсаты Қазақстанның эндемиялық өсімдігінің қабығынан, кейін оның негізінде жаңа биологиялық белсенді туындыларды синтездеу үшін қырғыз қайыңынан тритерпеноидтарды бөлу алу болып табылады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

1. Семенов, А.А. Основы химии природных соединений: в 2 т. / А.А. Семенов, В.Г. Карцев – М.: Научное партнерство, 2009. – 624 с.
2. Орлов А.В., Хазипова Г.Р., Комисарова Н.Г., Шитикова О.В., Спирихин Л.В., Юнусов М.С. Синтез 2,3-аннелированных с пирролом производных бетулина по реакции Трофимова // Химия природных соединений. – 2010. – № 6. – С. 771–774.
3. Галайко Н.В., Назаров А.В., Толмачева И.А., Слепухин П.А., Вихарев Ю.Б., Майорова О.А., Гришко В.В. Синтез тритерпеновых А-конденсированных азолов // Химия гетероциклических соединений. – 2014. – № 1. – С. 72–83.

АЦЕТИЛЕН ГЛИКОЛЬДЕРІН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕ
КҮРДЕЛІ ЭФИРЛЕР СИНТЕЗДЕУ

Аннотация

Бұл мақалада ацетилен гликольдерін синтездеу және олардың негізінде күрделі эфирлер алу әдістері қарастырылған. Ацетилен мен формальдегид негізінде 2-бутин-1,4-диол синтезі мыс(I) хлориді катализімен сулы ортада жүзеге асырылды. Алынған диол акрил қышқылымен этерификацияланып, гликоль диакрилаты алынды. Қосымша бағытта аминоалкилдеу және тотығу реакциялары жүргізілді. Алынған өнімдердің құрылымы ИҚ, ЯМР және УФ спектроскопия әдістерімен расталды. Өнімдердің физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, термиялық тұрақтылығы ТГА және ДСК әдістерімен бағаланды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, алынған күрделі эфирлер полимерлеуге бейім құрылымды мономерлер болып табылады және полимерлік химияда, биомедициналық жүйелерде, жабындарда қолдануға жарамды.

Кіріспе

Ацетилен туындылары – органикалық синтездің маңызды классы болып табылады. Үштік байланыс және гидроксил топтарын қатар қамтитын молекулалар – ацетилен гликольдері – функционалды мүмкіндіктерге бай. Бұл қосылыстар биологиялық белсенді заттар, полимерлі мономерлер, адгезивтер және сорбенттер ретінде қызығушылық тудырады. Зерттеудің мақсаты – ацетилен гликольдерін синтездеп, олардың негізінде күрделі эфирлер алу, өнімдерді құрылымдық және физика-химиялық тұрғыда зерттеу.

Материалдар мен әдістер

Ацетилен гликольдерін алу үшін ацетилен мен формальдегид 1:2 молярлық қатынаста, CuCl катализімен, 50–60 °C температурада сулы ортада әрекеттестірілді. Түзілген 2-бутин-1,4-диол органикалық еріткішпен экстракцияланды. Этерификация үшін акрил қышқылы, этанол және H₂SO₄ (1%) қатысында, 75 °C температурада, Дин-Штарк құрылғысында су бөліп ала отырып, реакция жүргізілді. Аминоалкилдеу этаноламинмен, ал тотығу H₂O₂ және NaIO₄ қатысында жүргізілді. Құрылымдық талдау үшін ЯМР (400 МГц), ИҚ-Фурье спектроскопиясы және УФ-спектрофотометрия қолданылды. Термотұрақтылық TGA/DSC әдістерімен бағаланды.

Нәтижелер және талқылау

2-бутин-1,4-диол шығымы 80–82% аралығында болды. Этерификация нәтижесінде алынған гликоль диакрилатының құрылымы спектрлік әдістермен толық дәлелденді: ЯМР-да δ 4.2 ppm (CH₂-O), 5.9–6.3 ppm (винил) сигналдары анық байқалды; ИҚ спектрде 1720 см⁻¹ (C=O) және 1630 см⁻¹ (C=C) тербеліс жолақтары тіркелді. УФ-спектрде 265 нм маңында жұтылу байқалды. Термогравиметриялық анализ өнімнің термиялық тұрақтылығын 220–260 °C аралығында көрсетті. Аминоэфир мен дикарбон қышқылы туындылары да құрылымдық ерекшеліктерімен, полярлық қасиеттерімен және сорбциялық бейімділігімен сипатталды.

Қорытынды

Ацетилен гликольдері мен олардың негізінде алынған күрделі эфирлер синтездеу бағытында тиімді және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз технология ұсынылды. Синтезделген қосылыстардың құрылымы мен қасиеттері кешенді әдістермен зерттелді. Гликоль диакрилаттары полимерлеуге бейімділігімен ерекшеленсе, амино және карбоксил топтары бар өнімдер сорбенттер мен биоматериалдар үшін тиімді прекурсорлар болып табылады. Бұл бағыт органикалық синтез, полимерлік технология және жасыл химия саласында кеңінен қолданылуы мүмкін.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Nguyen P.H., Lee D., Cho Y. Green synthesis of polyfunctional glycols under aqueous conditions // *Green Chemistry*. 2023. Vol. 25, No. 4. P. 3024–3034. DOI: 10.1039/D3GC00712G.
2. Zhou Y., Wang H., Liu J. Catalytic routes to terminal diols with triple bonds // *Catalysis Science & Technology*. 2020. Vol. 10, No. 9. P. 2153–2161. DOI: 10.1039/C9CY02387J.
3. Zhang X., Kim B.H. Esterification of diols with acrylic acid and structure–property correlation // *Polymer Journal*. 2022. Vol. 54, No. 8. P. 834–842. DOI: 10.1038/s41428-022-00624-1.
4. Allen M.J., Berger K., Schreiber R. NMR interpretation of functionalized acetylene diols // *Magnetic Resonance in Chemistry*. 2021. Vol. 59, No. 7. P. 659–666. DOI: 10.1002/mrc.5112.
5. Saeed M., Yun J., Park Y. Photopolymerizable glycol acrylates: synthesis and applications // *Polymers*. 2023. Vol. 15, No. 2. Article 431. DOI: 10.3390/polym15020431.

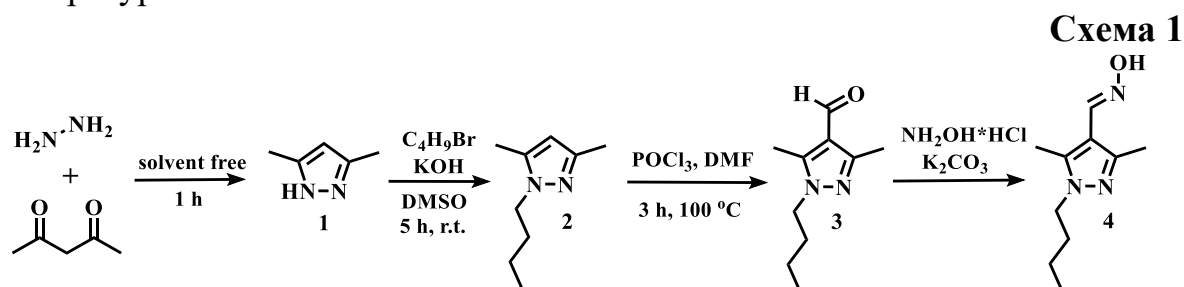
СИНТЕЗ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ОКСИМА N-БУТИЛ-3,5-ДИМЕТИЛ-1*H*-ПИРАЗОЛ-4-КАРБАЛЬДЕГИДА

Применение физиологически активных веществ выступает резервом повышения продуктивности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции, так как они оказывают положительное регуляторное действие на рост и развитие растений в результате активации физиолого-биохимических процессов в растении, усиления резистентности к неблагоприятным условиям окружающей среды и иммунитета [1]. Достоинство регуляторов роста, прежде всего, в том, что применение их даже в микроколичествах оказывает существенное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы, происходящие в растениях. Начиная с 2014 года в России декларируется курс на импортозамещение, который в том числе касается и агропромышленного сектора. До 2015 года доля стимуляторов роста и биоудобрений российского производства стабильно составляла более 90% рынка, но затем, на фоне быстрого наращивания импортных поставок, она существенно сократилась. Спад произошел из-за нехватки отечественных решений для ряда культур, площади посевов которых значительно увеличились.

В последние несколько десятилетий гетероциклы играют значительную роль в исследованиях в области сельскохозяйственной и медицинской химии. Многие производные оксимов привлекли значительное внимание из-за их обширной биологической активности: акарицидной, фунгицидной [2] и противовирусной. Известно, что производные пиразола являются структурными аналогами цитокининов, основных природных фитогормонов. Многие производные пиразола могут быть получены из лабораторно доступных реагентов с довольно хорошими выходами. В связи с этим для нас представляло интерес провести синтез 4-замещенного-N-алкилпиразола для дальнейшей его химической модификации с целью получения новых производных, потенциально обладающих ростостимулирующей активностью.

Так, для получения исходного 4-замещенного-N-алкилпиразола была проведена классическая реакция циклоконденсации 1,3-дикарбонильного соединения – ацетилацетона с гидразин-гидратом с получением 3,5-диметилпиразола (1). Второй стадией является проведение реакции алкилирования. Ключевой стадией в синтезе целевого продукта является реакция формилирования. Формилирование N-алкилзамещенного пиразола (2) проводилось по классической реакции Вильсмейера — Хаака в растворе ДМФА хлорокисью фосфора. По завершении реакции образовался целевой продукт 1-бутил-3,5-диметил-1*H*-пиразол-4-карбальдегид (3) (схема 1).

Для синтеза соответствующего оксима 1-бутил-3,5-диметил-1*H*-пиразол-4-карбальдегида (**4**) был выбран твердофазный метод получения solvent free (без использования растворителя), описанный в работе [3]. Метод был выбран исходя из его экологичности и удовлетворения принципам зеленой химии. Оксим **4** после стадий очистки был получен с удовлетворительным выходом в 60 % в виде белых кристаллов с температурой плавления 108–110 °С.



Структура полученного оксима **4** была доказана проведенным масс-спектрометрическим и ЯМР спектроскопическим анализом.

Для проведения биологических испытаний были заложены лабораторно-вегетационные опыты по методике, описанной в статье [4]. В качестве объекта исследования для оценки ростостимулирующей активности была выбрана культура рапс (*Brassica napus*), используемая в аграрном секторе как для индивидуального, так и для промышленного применения. В основе исследования лежит метод определения всхожести.

Выбранные образцы культур обрабатывали водными растворами соединения **4** и препарата сравнения (гетероауксин) с концентрациями 10 мг/л, 5 мг/л и 2,5 мг/л. Для определения всхожести смеси семян отсчитывали три пробы по 20 семян в каждом опыте. Наилучшие результаты ростостимулирующей активности оксим **4** показал при концентрации раствора 2,5 мг/л в сравнении с гетероауксином. Результаты со средними значениями показателей ростостимулирующей активности при концентрации водного раствора **4** представлены в таблице 1.

Таблица 1

Соединение	Концентрация, мг/л	Длина побега, см	Длина основного корня, см	Кол-во корней	Общая масса побегов, г
Соединение 4	2,5	1,62	8,82	3,50	0,50
Гетероауксин	2,5	1,28	8,67	2,52	0,37

Из полученных результатов видно, что соединение **4** улучшает развитие побега на 26,6%, а развитие корня на 1,7%. Также наблюдается значительный прирост в количестве развившихся корней, который составляет 38,9% в сравнении с гетероауксином. Соединение **4** оказывает влияние на рост основного корня, но в большей степени эффект наблюдается в приросте и развитии корневой системы в целом, что

позволяет растению вбирать больше питательных веществ из почвы и прочнее закрепиться в ней.

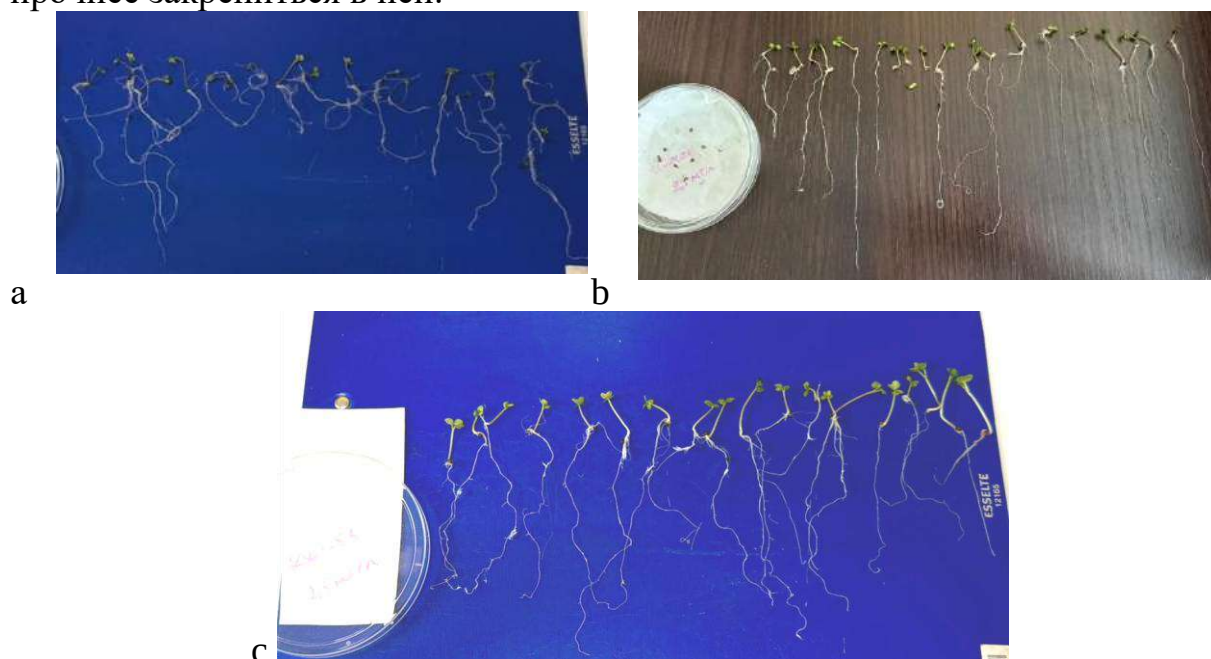


Рисунок 1. Внешний вид пророщенных отростков рапса – а) в воде (контроль); б) раствор гетероауксина (препарат сравнения) в концентрации 2,5 мг/л; с) раствор соединения **4** в концентрации 2,5 мг/л

Таким образом, было показано, что синтезируемый нами оксим **4** обладает ярко-выраженной ростостимулирующей активностью, превышающий по многим показателям широко известный ростостимулятор гетероауксин.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) в рамках программы УМНИК и на инструментальной базе Центра природовдохновенного инжиниринга, реализовывающегося в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: «Приоритет-2030».

Список использованных источников:

1. Khan N., Babar A., Bano A. M. D. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture // PLoS ONE. 2020. Vol. 15. No. 4. P. e0231426. doi:10.1371/journal.pone.0231426
2. Li, Y.; Zhang, H.Q.; Liu, J.; Yang, X.P.; Liu, Z.J. Stereoselective synthesis and antifungal activities of (E)- α -(methoxyimino)benzeneacetate derivatives containing 1,3,5-substituted pyrazole ring. J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 3636–3640.
3. Drisko CR, Griffin SA, Huang KS. Solid-phase Synthesis of [4.4] Spirocyclic Oximes. J Vis Exp. 2019 Feb 6;(144). doi: 10.3791/58508. PMID: 30799842.
4. Дягилева А.Б. и др. Оценка ростостимулирующей активности веществ коросодержащих сточных вод деревообрабатывающих предприятий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. - 2024. - Т. 19. - №2. - С. 211-227. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-2-211-227

ПОЛУЧЕНИЕ ЦИКЛОПЕНТАНА ИЗ ДИЦИКЛОПЕНТАДИЕНА

Циклопентан (ЦПАН) - используемый в качестве вспенивающего агента при производстве жесткой теплоизоляции, а также в качестве рабочего тела в холодильном оборудовании оказывает минимальное вредное воздействие на окружающую среду за счет чего в настоящее время вытеснил галогенсодержащие фреоны.

Мировое производство ЦПАН основывается на его синтезе из циклопентадиена (ЦПД) содержащегося во фракциях пиролиза, путем многоступенчатого гидрирования с последующим выделением методом ректификации.

Другим направлением применения ЦПД из фракции пиролиза является его использование в виде димерного продукта – дициклопентадиена (ДЦПД) при производстве пластиков, тройных этилен пропиленовых каучуков, а также пестицидов [1], что однако не исключает возможности получения ЦПАН и из ДЦПД.

Работа посвящена разработке технологии получения ЦПАН из ДЦПД в совмещенном реакционно-дистилляционном процессе предпочтительно на простых и известных каталитических системах гидрирования на основе никеля, полные результаты исследования представлены в публикации [2].

В рамках исследования синтез ЦПАН из ДЦПД (рисунок 1) проводили путем термического крекинга ДЦПД в нижней ректификационной зоне реакционно-дистилляционной колонны (РДК) (или отдельном аппарате) с последующим гидрированием полученного ЦПД в зоне гидрирования РДК на гетерогенном катализаторе и отделением целевого продукта от побочного циклопентена и остатков ЦПД в верхней ректификационной зоне.

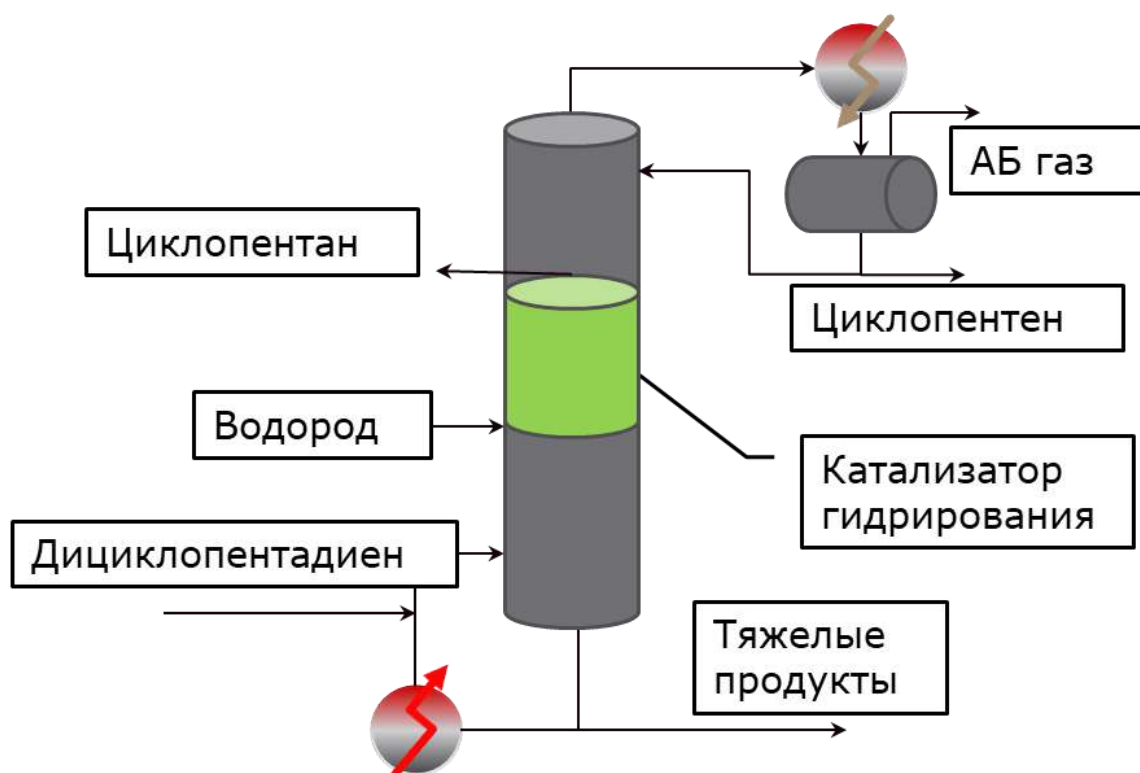


Рисунок 1 – Схема процесса получения ЦПАН из ДЦПД

Исследованы основные параметры процесса, влияющие на качество получаемого ЦПАН на стадии гидрирования. Показано, что данная стадия протекает с достаточно высокой степенью конверсии и селективности. Показано, что для получения высококонцентрированного ЦПАН желательно проводить процесс при достаточном избытке водорода, и повышенном давлении. Результаты исследования позволяют сделать заключение о возможности его реализации в промышленности в реакционно-дистилляционном процессе.

Список использованных источников:

- [1] Herink T., Fulín P., Krupka J., Pašek J. New Technology for Production of Dicyclopentadiene and Methyl-Dicyclopentadiene. // *Polymers (Basel)*. - 2022. - V. 14. - №.4. - doi: 10.3390/polym14040667
- [2] Байгузин Ф.А., Бурмистров Д.А., Ирдинкин С.А., Филина М.П. Синтез цикlopентана из дициклопентадиена в условиях нисходящего прямотока в каталитической зоне реакционно-ректификационного аппарата // *Катализ в промышленности*. - 2018. - №.1. - Р. 6–12. doi: 10.18412/1816-0387-2018-1-6-12

РАЗРАБОТКА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ГЛАБРИДИНА: ЭНДОФИТНОГО ГРИБА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ
СОЛОДКИ

Глабридин — это хорошо известный активный изофлавоон, обнаруженный в корне солодки (*Glycyrrhiza glabra* L.), который обладает широким спектром биологической активности. Растительные клетки, волосатые корни и грибковые эндофиты являются важнейшими альтернативными методами сохранения растительных ресурсов и устойчивого производства природных соединений, которым уделялось большое внимание в последние десятилетия.

В настоящем исследовании были оптимизированы эффективные условия культивирования для накопления биомассы и производства глабридина из грибкового эндофита *Aspergillus eucalypticola*, выделенного из корня солодки. Были протестированы тип питательной среды, диапазон pH и экстракт корня солодки (в качестве элиситора).

Результаты показали, что самая высокая и самая низкая продукция биомассы наблюдалась на среде РСВ ($6,43 \pm 0,32$ г/л) и пептонном солоде ($5,85 \pm 0,11$ г/л) соответственно. Среда РСВ произвела наивысший уровень глабридина ($7,26 \pm 0,44$ мг/л), в то время как самый низкий уровень ($4,47 \pm 0,02$ мг/л) был получен из среды пептонного солода.

Самая высокая биомасса ($8,51 \pm 0,43$ г/л) и извлечения глабридина ($8,30 \pm 0,51$ мг/л) наблюдалось из среды, отрегулированной до pH $\frac{1}{4}$ 6, в то время как самое низкое значение обоих признаков было получено из той же среды с pH $\frac{1}{4}$ 7. Самая высокая масса общего глабридина ($10,85 \pm 0,84$ мг/л) также была получена из среды культивирования, обработанной 100 мг/л экстракта корня растения.

Несмотря на прогресс в современной медицине, использование медицинских ароматических растений (МАР) было важной частью обеспечения здоровья человеческого организма на протяжении столетий. В настоящее время активные ингредиенты и фитохимические соединения (МАР) широко используются в фармацевтической, пищевой и косметической промышленности. Поэтому эти растения по-прежнему вводятся как источник новых и ценных лекарственных соединений.

Солодка (*Glycyrrhiza glabra* L.), относится к семейству Fabaceae, является одним из наиболее важных и широко используемых лекарственных растений. Растение произрастает в южной Европе и некоторых частях Азии. Оно широко культивируется в Бельгии, Англии, Франции, Иране, Германии и Италии. Корни растения содержат важные флавоноиды, включая

глицирризиновую кислоту, глабридин, изоликвиритигенин и ликвиритин, которые имеют множество коммерческих применений в фармацевтической, пищевой и табачной промышленности в качестве ароматизаторов и подсластителей.

Глабридин ($C_{20}H_{20}O_4$) — это хорошо известный пренилированный изофлавоноид (4-[(3R)-8,8-диметил-3,4-дигидро-2H-пирано[2,3-f]хромен-3-ил] бензол-1,3-диол), извлеченный из корня солодки, который обладает многими биологическими свойствами, такими как противовоспалительные, антибактериальные, противоопухолевые, противоостеопорозные и свойства лечения диабета. Он также обладает тирозиназой и меланогенезной активностью, подавляет воспаление кожи и может действовать как осветлитель кожи. На сегодняшний день было предпринято несколько попыток получения глицирризиновой кислоты через культуры тканей, клеток и волосистых корней солодки, но наш обзор литературы показал, что производство глабридина биотехнологическими методами пока не описано.

Пять питательных сред, включая картофельно-декстрозный бульон, картофельно-морковный бульон, дрожжевой экстракт пептона декстрозы, солод и солодово-пептон были выбраны в соответствии с предыдущими исследованиями.

Чтобы изучить влияние pH на биомассу грибкового мицелия и продукцию глабридина в перспективной среде, суспензия спор грибов добавлялась в среду с различными уровнями pH. Уровень pH среды культуры регулировался добавлением соляной кислоты. Среда РСВ с начальным pH $5,5 \pm 2$ рассматривалась в качестве контроля.

Затем колбы инкубировали в тех же условиях при 28°C в течение двух недель. Грибковый мицелий и питательную среду собирали для дальнейшего фитохимического анализа.

Литература:

1. Mustafa G, Arif R, Atta A, et al. Bioactive compounds from medicinal plants and their importance in drug discovery in Pakistan. *Matrix Sci. Pharma*. 2017;1(1):17–26. doi: 10.26480/msp.01. 2017.17.26.
2. Li Y, Kong D, Fu Y, et al. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiol Biochem*. 2020;148:80–89. doi: 10.1016/j.plaphy. 2020.01.006.
3. Mirzaeva Shoxista Usmonovna, Bakhodir Timurovich Muxamadiyev, *Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact*, 2024, IntechOpen.
4. К.Х. Гафуров, Б.Т. Мухаммадиев, Ш.У. Мирзаева, *Сверхкритическая [СК] CO₂ экстракция глицирризиновой кислоты из лакричных корней*, Бутлеровские сообщения №1, том 49. 2017, Татарстан, С. 108-114.

ВЫДЕЛЕНИЕ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ РАСТЕНИЙ СОЛОДКИ (*GLYCYRRHIZA GLABRA*)

Эндофитные микроорганизмы представляют собой микроскопические организмы, которые обитают в тканях растений, не вызывая у них явных заболеваний. Эти микроорганизмы могут играть важную роль в улучшении здоровья растений, стимулируя их рост, защищая от патогенов и способствуя синтезу биоактивных веществ. В последние годы особое внимание уделяется эндофитам, выделенным из таких ценных растений, как солодка (*Glycyrrhiza glabra*). Солодка широко используется в медицинской и фармацевтической практике благодаря своим антиоксидантным, противовоспалительным и противовирусным свойствам, что делает её ценным объектом для исследования эндофитных микроорганизмов, которые могут усиливать её фармакологические свойства.

Выделение штаммов эндофитных микроорганизмов из растений солодки (*Glycyrrhiza glabra*) может проводиться с целью изучения их антимикробной активности.

Например, в одном исследовании **эндофитных штаммов**, выделенных из дикорастущего этномедицинского растения *Glycyrrhiza uralensis* (солодка), **были проверены на их антимикробную активность *in vitro*** в отношении различных бактерий и грибковых патогенов.

В результате **несколько штаммов бацилл**, в частности *Bacillus atrophaeus* и *Bacillus mojavensis*, показали широкий спектр противогрибковой и антибактериальной активности.

Также существуют исследования, посвящённые **выделению биологически активных компонентов** из корней солодки. Например, с помощью хроматографических методов получали фракции экстрактов и исследовали их антибактериальные свойства. Грибковые заболевания являются основной угрозой как для урожайности сельскохозяйственных культур, так и для глобальной продовольственной безопасности. Сосудистые увядания — это разрушительные болезни растений, которые приводят к значительным потерям урожая и уничтожают природные экосистемы. Два основных рода патогенных грибов, *Fusarium* и *Verticillium*, проникают в растения-хозяева через корни или передаются жуками и вызывают сосудистые увядания. Оба вида характеризуются широким спектром хозяев. Признаки увядания, вызванного *Verticillium*, схожи с признаками увядания, вызванного *Fusarium*, и начинаются с пожелтения старых листьев, за которым следуют хлороз и некроз. В результате может

наблюдаться обесцвечивание сосудов и замедление роста. В Китае около 3 миллионов гектаров посевов хлопчатника поражены вертициллёзным увяданием, что приводит к ежегодной потере урожая на 10–30%. Кроме того, для борьбы с увяданием хлопчатника не зарегистрировано ни одного фунгицида. Провинция Синьцзян, расположенная на северо-западе Китая, производит 11% мирового урожая хлопкового волокна и сильно страдает от *Verticillium* — болезни, вызывающей увядание растений.

Целью данной работы является выделение штаммов эндофитных микроорганизмов из растений солодки и их характеристика с точки зрения их активности и возможного применения.

Эндофитные микроорганизмы, обитающие внутри растений, могут оказывать значительное влияние на их физиологическое состояние, стимулируя рост и защищая от патогенных микробов. Некоторые штаммы эндофитов обладают способностью синтезировать метаболиты, обладающие антимикробной, антиоксидантной и антираковой активностью, что делает их ценными для биотехнологической и фармацевтической промышленности. В рамках исследования солодки было выявлено несколько штаммов эндофитных бактерий и грибов, которые демонстрируют активность, способствующую усилению защитных свойств растений и улучшению качества их биоактивных веществ.

Для изоляции эндофитных микроорганизмов использовались растения солодки, собранные в экологически чистых районах. Растения были тщательно промыты и дезинфицированы для предотвращения загрязнения поверхностными микроорганизмами. Извлечение эндофитов проводилось с использованием метода стерильных срезов. Корни, стебли и листья растения нарезались на небольшие фрагменты, которые затем обрабатывались стерильными растворами для удаления внешней микрофлоры.

Пробы ткани растений помещались в стерильные питательные среды (например, на агар с картофелем и декстрозой, Мюллер–Хинтона агар), где происходила селекция микроорганизмов. После инкубации в условиях оптимальной температуры (28–30°C) на протяжении 48–72 часов, изолированные колонии переносились на новые питательные среды для дальнейшего изучения.

Для идентификации микроорганизмов применялись морфологические и биохимические методы, а также молекулярные подходы, такие как ПЦР-диагностика с использованием специфических праймеров. Исходя из результатов анализа, были выделены несколько штаммов, которые продемонстрировали активность, интересную для дальнейшего использования.

В ходе изоляции эндофитных микроорганизмов из тканей растения солодки были получены различные штаммы, преимущественно бактериальной и грибковой природы. Большинство из них проявили

активность на различных питательных средах, что свидетельствует о их способности развиваться в тканях растения.

1. Бактериальные штаммы: Были выделены грамположительные и грамотрицательные бактерии, включая роды **Bacillus**, **Pseudomonas** и **Streptomyces**. Некоторые штаммы из рода **Bacillus** продемонстрировали выраженную антимикробную активность против патогенных бактерий, таких как **Escherichia coli** и **Staphylococcus aureus**. Штаммы **Pseudomonas** показали способность к синтезу фитогормонов, что может быть полезно для стимуляции роста растений.

2. Грибковые штаммы: Из грибов наиболее интересными оказались представители родов **Trichoderma** и **Aspergillus**. Эти микроорганизмы известны своими антимикробными и антифунгицидными свойствами. В частности, некоторые штаммы **Trichoderma** продемонстрировали способность подавлять рост фитопатогенов, что может быть использовано для разработки биологических средств защиты растений.

3. Функциональная активность: Некоторые из выделенных штаммов были исследованы на способность к биосинтезу полезных метаболитов, таких как антибиотики и антиоксиданты. Эти штаммы могут быть использованы в биотехнологических процессах для производства натуральных препаратов.

Выделение эндофитных микроорганизмов из растения солодки показало, что эти микроорганизмы обладают значительным потенциалом для улучшения здоровья растения, а также могут быть использованы в биотехнологии и фармацевтике. Бактериальные и грибковые штаммы, выделенные в ходе исследования, продемонстрировали антимикробную активность и способность синтезировать биоактивные вещества. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение механизма взаимодействия эндофитов с растениями и их потенциал для создания новых средств защиты растений и биофармацевтических препаратов.

Список литературы:

1. Meena, K. et al. (2020). Endophytic microbes: A potential source of bioactive compounds. **Journal of Applied Microbiology**, 128(2), 334-349.
2. Kapoor, M. et al. (2019). Endophytes and their role in plant health and productivity. **Fungal Biology Reviews**, 33(4), 205-214.
4. Mirzaeva Shoxista Usmonovna, Bakhodir Timurovich Muxamadiev, *Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact*, 2024, IntechOpen.
5. К.Х. Гафуров, Б.Т. Мухаммадиев, Ш.У. Мирзаева, *Сверхкритическая [СК] CO₂ экстракция глицирризиновой кислоты из лакричных корней*, Бутлеровские сообщения №1, том 49. 2017, Татарстан, С. 108-114.

ENDOPHYTIC FUNGI IN PLANTS

Endophytic fungi live on plants without causing disease symptoms. They produce bioactive metabolites that increase plant resistance to pests and diseases. Between the fungus and the plant can be mutualistic or pathogenic. They help plants cope with environmental stress through direct and indirect mechanisms.

Plants may contain fungi that inhabit them but do not show any activity or cause obvious symptoms. These fungi are known as endophytes. They are parasites that are hosts of the plant, and the relationship between them is very important. In this article, we will tell you about all the characteristics of endophytic fungi and an important aspect of the relationship of these fungi with their host plants. These fungi are able to colonize the plant without us seeing any obvious symptoms of the disease. The importance they have for the relationship with the plant they are in is that these fungi are able to produce bioactive metabolites. In addition, they can modify various plant defense mechanisms. In this way, endophytes can increase the survival of both themselves and the plant.

These microorganisms are becoming increasingly important, so there is a lot of research being done on them. There are several recent studies that focus on demonstrating their ability to produce various active compounds. These compounds are responsible for enhancing the defenses of the plants they are found on. Due to their defenses, it has greater resistance to attacks by pathogens and herbivores. This makes plants serve as a new way to obtain various precursors or molecules that can be used in agriculture and medicine. As expected, if we can grow plants with greater resistance to pests and diseases, we can reduce the use of nitrogen fertilizers, herbicides, pesticides, etc. This will also mean better agricultural performance and a reduction in the impact it has on water pollution.

These endophytic fungi are microorganisms that spend most of their time colonizing various tissues of the plant. Research claims that these microorganisms do not cause any obvious harm to the plant. This is due to the relationship between the cost and the benefit that the plant receives from hosting the microorganisms. They have been found in all vascular plants, algae, mosses, and grasses from habitats ranging from the Arctic to the tropics. They have also been found in various humanized agricultural lands. It can be said that the most biodiversity is found in temperate and tropical forest ecosystems. Well, it has been shown that these plants also have significant amounts of endophytic fungi.

The Importance of Endophytic Fungi. The most important thing to study is the relationship between the endophytic fungus and the host plant. This type of relationship can range from mutualism to pathogenesis. In a mutualistic relationship, there is a benefit from both organisms. Both the fungus benefits from

the plant being a host and the plant benefits from the fungus living in it. However, if we analyze pathogenesis, we will see that the fungus benefits and the plant is harmed.

In the effects that exist between both organisms, we can see that secondary metabolites are produced that are potentially toxic. This means that some endophytic fungi can produce virulence factors. On the other hand, the plant increases the production of both mechanical and biochemical defenses. The relationship between the virulence factor from the fungus and the increased defense from the plant means that both have a balanced antagonistic relationship. This means that both create a mutually beneficial relationship. This balance depends on the degree of virulence of the fungus and the degree of protection of the plant. These aspects have different variations depending on the influence of environmental factors and the developmental stage of both organisms. Mutualistic relationships occur when the virulence of the fungus and the plant's defense are in constant balance. If the fungus is more dangerous than the plant can protect itself, the plant will be damaged. On the other hand, if the plant has greater defense, the fungus will not be able to remain in the plant for a long time.

And the thing is that these fungi also play an important ecological role. When these fungi become hosts of a plant, they take nutrients and protect them. This means that they can survive in an ideal environment to be able to reproduce. By representing the plant, it can benefit it because it increases resistance to stress. In addition, by producing secondary metabolites through this interaction, it provides greater protection and resistance to the plant against herbivores and phytopathogenic microorganisms. An endophytic fungus is capable of producing other secondary metabolites that suppress a certain pathogen or even other endophytic fungi. This is the reason for its interspecific competition. However, they are not able to suppress other organisms in the same environment. There are some endophytic fungi that are able to influence the growth and development of certain species living around them. Usually, these species compete for both space and nutrients.

This effect has been observed mainly through some interactions between endophytic fungi and herbs. It is also necessary to analyze that in various woody plants, be it trees or shrubs, this does not happen so often. Research is trying to check whether endophytic fungi are able to contribute to the defense of the host organism against biotic factors. These factors include pathogens and herbivores. It is also trying to see if better protection can be provided against abiotic agents. These agents collect saline and thermal stress, as well as the presence of metals, among others.

Тлумепамыпа:

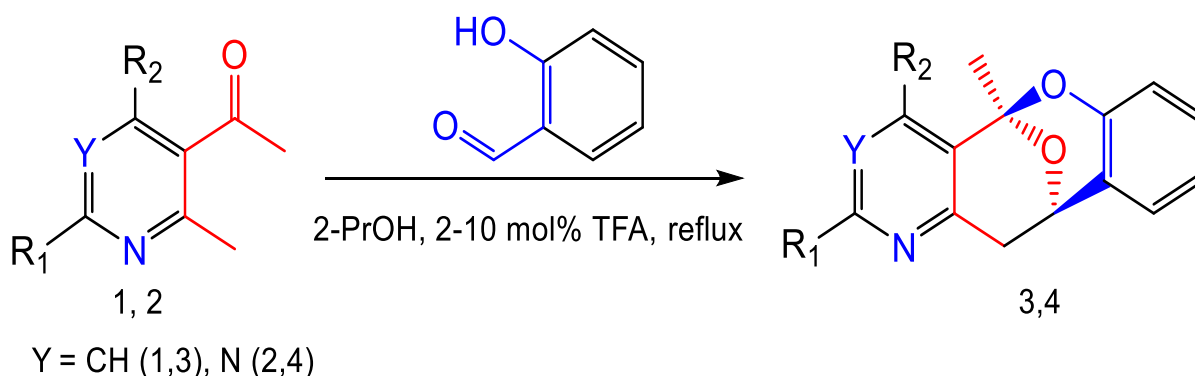
1 Mustafa G, Arif R, Atta A, et al. Bioactive compounds from medicinal plants and their importance in drug discovery in Pakistan. *Matrix Sci. Pharma*. 2017;1(1):17–26. doi: 10.26480/msp.01. 2017.17.26.

2 Li Y, Kong D, Fu Y, et al. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiol Biochem*. 2020;148:80–89. doi: 10.1016/j.plaphy. 2020.01.006.

3 Mirzaeva Shoxista Usmonovna, Bakhodir Timurovich Muxamadiyev, *Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact*, 2024, IntechOpen.

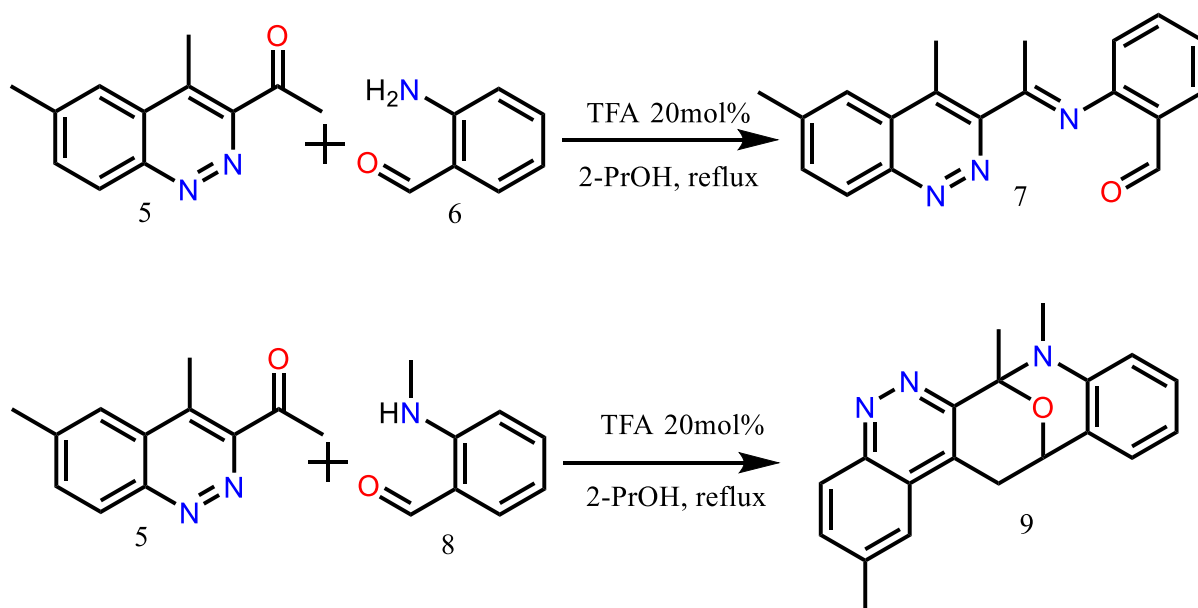
СИНТЕЗ 2,7,8-ТРИМЕТИЛ-7,8,13,14-ТЕТРАГИДРО-7,13- ЭПОКСИБЕНЗО[7,8]АЗОЦИНО[3,4-С]ЦИННОЛИНА

Ранее нами на примере различных 2-метил-3-ацетильных производных пиридина **1** и пиримидина **2** в условиях кислотного катализа была показана возможность протекания реакции циклизации с салициловым альдегидом [Ошибка! Источник ссылки не найден.-Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Продуктами данной циклизации являются эпоксибензо[7,8]оксоцино[4,3-b]пиридины **3** и эпоксибензо[7,8]оксоцино[4,3-b]пиримидины **4** (схема 1) – гетероциклические аналоги природных интегрататинов А, В, проявляющих широкий спектр биологической активности.



Полученные положительные результаты сподвигли нас к возможному расширению области применения данной реакции и на других примерах. Так, было сделано предположение, что и 2-аминобензальдегид как структурный аналог салицилового альдегида, содержащий нуклеофильную аминогруппу также способен к конденсации с 2-метил-3-ацетильными производными различных гетероциклов с образованием новой и ранее не описанной гетероциклической системы – эпоксибензоазоцино.

Проведение реакции циннолина **5** с N-незамещённым 2-аминобензальдегидом **6** по результатам ГХ-МС анализа реакционной смеси показало лишь образование азометина **7**, при отсутствии целевого продукта реакции. Однако использование 2-метиламинобензальдегида **8** в реакции с 1-(4,6-диметилциннолин-3-ил)этан-1-оном **5** дало положительный результат уже при обычном классическом кипячении смеси в изопропиловом спирте в присутствии 20 мольных процентов трифторуксусной кислоты.



Время образования целевого продукта составило всего 5 часов при конверсии в 97%. При этом продукт реакции самопроизвольно кристаллизуется из реакционной смеси в аналитически чистом виде и не требует дальнейшей очистки.

Строение соединения **9** охарактеризовано данными физико-химических методов ЯМР ^1H , COSY, ^{13}C спектроскопии, гетероядерными (HSQC, HMBC) экспериментами, масс-спектрометрией, а также рентгеноструктурным анализом. В ^1H ЯМР-спектрах соединения **9** наблюдаются характерные сигналы диастереотопных метиленовых протонов и метинового протона эпоксибензоазоцинового фрагмента, которые проявляются в виде дублета при 3.44 м.д. ($^2J = 14.64$ Гц), дублета дублетов при 3.38 мд ($^2J = 17.10$, $^3J = 5.45$ Гц) и дублета при 5.58 мд ($^3J = 5.34$ Гц). Сигнал N-Me протонов проявляется синглетом при 3.39 м.д.

Таким образом, нами впервые на основе циннолина **5** и 2-метиламинобензальдегида показана возможность циклизации в неописанные в литературе новую гетероциклическую структуру – 7,8,13,14-тетрагидро-7,13-эпоксибензо[7,8]азоцино[3,4-с]циннолина, представляющую интерес в плане дальнейшего изучения их биологической активности.

Список литературы:

1. Kulakov, I.V., Stalinskaya, A.L., Chikunov, S.Y., and Gatilov, Y.V., *New J. Chem.*, 2021, vol. 45, no. 7, p. 3559. doi.org/10.1039/D0NJ06117D.
2. Chikunov, S., Pustolaikina, I., Gatilov, Y.V., Kulakov, I.V. *Synthesis of a new heterocyclic system: pyrimidine structural analogues of natural integrastatins A, B*, *Synlett*, 2024, 35(15), 1799-1806.
3. *Synthesis of New Structural Analogues of Natural Integrastatins with a Basic Epoxybenzo[7,8]oxocine Skeleton: Combined Experimental and Computational Study* / A. L. Stalinskaya, S. Y. Chikunov, I. A. Pustolaikina [et al.] // *Synthesis*. – 2024. – Vol. 56, No. 2. – P. 329-345. – DOI 10.1055/s-0042-1751521. – EDN AYZWPJ.

LEVERAGING OF CRISPR-CAS9 TECHNOLOGY IN GENETIC ENGINEERING

Genetic engineering has undergone a transformative shift with the development of CRISPR-CAS9 technology. Originally it was discovered as a bacterial immune defense system. However, nowadays CRISPR-CAS9 has rapidly become one of the most powerful and precise tools in molecular biology. By enabling scientists to edit genomes with incredible accuracy, this technology is reconstructing research, medicine, agriculture, and biotechnology. Notably, the pioneering contribution of CRISPR-Cas9 to genome editing was duly acknowledged with the awarding of the Nobel Prize in Chemistry in 2020, conferred upon Emmanuelle Charpentier and Jennifer Doudna.

CRISPR, an acronym for Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, refers to unique DNA sequences found in prokaryotic organisms. These sequences, along with the associated protein CAS9 (CRISPR associated protein 9), function to recognize and cut foreign genetic material, such as viral DNA. Additionally, Cas9 is extensively utilized in genetic engineering applications due to its ability to cut DNA and thereby modify the genome of a cell.

The basics of CRISPR-Cas9 involve a system that bacteria use to defend themselves against viruses by storing fragments of viral DNA in their own genome. When encountering the same virus again, the bacteria use these stored sequences to recognize and destroy the viral DNA.

According to Science News, the most significant event in 2019 within human genetics was the initiation of the first trials involving CRISPR genetic modification technology in humans. Merely seven years following its inception, the CRISPR/Cas9 targeted gene editing system has progressed to clinical trials in the United States. This development holds promise for unveiling whether CRISPR/Cas9 technology can potentially alter humanity's approach to hundreds and thousands of hereditary diseases in the near future.

In laboratory settings, this system has been harnessed for genome editing purposes. Its core constituents encompass CRISPR RNA (crRNA), which steers the Cas9 protein towards the target DNA sequence, and the Cas9 protein itself, serving as molecular scissors to incise the DNA at the designated target site specified by the guide RNA. The process of CRISPR-Cas9 genome editing entails designing the guide RNA, delivering the CRISPR components into the target cells, recognizing and cleaving the target DNA sequence by the Cas9 protein guided by the RNA, and activating the cell's inherent DNA repair mechanisms.

The versatility and effectiveness of CRISPR-Cas9 have led to its widespread adoption in research laboratories worldwide. Overall, Cas9 and the

CRISPR-Cas9 system represent a powerful tool for manipulating genetic information, offering immense potential for scientific advancements and practical applications across diverse fields. Applications of CRISPR-Cas9 include basic research to study gene function, regulation, and interactions, biotechnology for developing genetically modified organisms, disease modeling for understanding disease mechanisms and drug discovery, therapeutic applications for treating genetic disorders, functional genomics for large-scale screening of gene function, and ethical considerations regarding the technology's use, particularly concerning germline editing and unintended consequences.

The main purpose of using CRISPR/Cas9 is to get rid of severe genetic diseases and make agriculture perfect. With the help of DNA editing, we can make agricultural products safer, tastier and healthier. They will not have to be treated with pesticides harmful to the environment or occupy huge territories for the sake of small harvests. There is a chance that this will save us from the consequences of global climate change or overpopulation of the planet.

We have a chance to effectively get rid of genetic diseases. CRISPR/Cas9 is not the first technology to try to do this. Its main advantage is its low cost, so it can potentially be used all over the world. With CRISPR, there is a chance to avoid the scenario of antibiotic resistance – the targeted destruction of bacteria will help not to develop new antibiotics, which may eventually run out.

Clinical studies conducted by researchers from the University of Pennsylvania have shown that the CRISPR treatment, designed to enhance the ability of immune cells called T cells to fight cancer, is safe. Moreover, the CRISPR-edited T cells became fixed and multiplied in cancer patients without causing any side effects.

CRISPR/Cas9 technology can forever change the attitude of mankind towards severe hereditary diseases. If previously they were either completely incurable, or allowed only palliative and symptomatic treatment, now the possibility of full-fledged therapy aimed at eliminating the cause of the disease, including, for example, replacing a damaged gene with a normal one, opens up.

Overall, Cas9 and the CRISPR-Cas9 system represent a powerful tool for manipulating genetic information, offering immense potential for scientific advancements and practical applications across diverse fields.

References:

1. Alpay L. Can CRISPR-Cas9 gene drives curb malaria? *Nat. Biotechnol.* 2016;34(2):149-150.
2. Anders C., Niewoehner O., Duerst A., Jinek M. Structural basis of PAM-dependent target DNA recognition by the Cas9 endonuclease. *Nature.* 2014;513(7519):569-573.
3. Bakondi B., Lv W., Lu B., Jones M.K., Tsai Y., Kim K.J., Levy R., Akhtar A.A., Breunig J.J., Svendsen C.N., Wang S. In vivo CRISPR/Cas9 gene editing corrects retinal dystrophy in the S334ter-3 rat model of autosomal dominant retinitis pigmentosa. *Mol. Ther.: J. Am. Soc. Gene Ther.* 2015;24(3):556-563.

МАЗМУНЫ

МЕТАЛЛУРГИЯ ЖӘНЕ МАТЕРИАЛТАНУ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Абижанова И.К., Буйткенов Д.Б., Рахадиллов Б.К., Абдулина С.А. Кусайнов А.Е. Исследование влияния параметров напыления на свойства металлокерамических покрытий CR_3C_2-NICR , полученных методом HVOF 4	
Абильдина А.Р., Квон Св.С., Куликов В.Ю. Влияние МО НА некоторые свойства квазивысокоэнтропийного сплава системы CO-CR-FE-NI-MN-NB 7	7
Акманова А.Е., Аубакиров Д.Р., Onuralp Yucel, Махамбетов Е.Н., Ахметов А.С. Термодинамическое обоснование получения порошков путем водородного восстановления.....10	10
Андреященко В.А., Ибатов М.К., Бартенев И.А., Малашкевичуте-Брийан Е.И. Анализ влияния технологической толщины кремния на микроструктуру металлокерамического материала.....16	16
Апачиди Н.К., Бигалиева А.З. Исследование содержания и количественная оценка редких и рассеянных элементов.....19	19
Аринова С.К., Окишев К.Ю., Туганбаева А.А. Термодинамический и микроструктурный анализ стали 40ХНЗМФ при модифицировании молибденом и комплексным модификатором.....22	22
Арыстанова Д.М., Лопатин В.Ю., Жолдубаева Ж.Д. Эффективность переработки железосодержащего техногенного сырья.....25	25
Асылхан А.Н., Кубекова Ш.Н., Далбанбай А. Тығыздық функционалдық теориясы (dft) арқылы NI-CO жалғыз атомды қорытпасының сутек эволюция реакциясына электрохимиялық каталиттік белсенділігін зерттеу 27	27
Ахметов А.С., Махамбетов Е.Н., Садық Ж.О., Аяганова Ж.Т. Безуглеродная выплавка феррохрома с использованием комплексного сплава фаск.....29	29
Burumbayev A., Makhambetov Ye., Kelamanov B., Onuralp Yucel, Sadyk Zh. The use of petroleum coke as a reducing agent for the synthesis of silicon carbide from man-made waste.....31	31
Волокитин А.В., Волокитина И.Е., Денисова А.И., Жуманазарова Г.М. Исследование свойств медной проволоки при деформировании новым методом.....34	34
Волокитина И.Е., Волокитин А.В., Тлеулесова Г.С., Федорова Т.Д. Исследование свойств прутков из углеродистой стали после обработки новым методом.....37	37
Волокитина И.Е., Жуманазарова Г.М., Лавринюк Д.Н. Исследование свойств аустенитной проволоки при волочении с криогенным охлаждением..... 40	40
Джашибекова А.Н., Султангазиев Р.Б., Доспаев М.М. Электрохимические технологии получения металлических нанопорошков из отходов.....43	43
Джундибаев М.К., Лайхан С. А., Дронов А.В. Использование органическое связующее для окускования вторичного сырья производства феррохрома.....46	46

Жолдубаева Ж.Д., Боркеев Б.М. Смагулова Ж.Б. Определение твердости и микротвердости компактной стали 20КП и порошковой стали СП20 до и после проведения диффузионного хромирования.....	48
Жумаев А.А., Жумаева Н.К., Мансуров Ю.Н. Материаловедение с помощью THERMO-CALC (вариант цифрового материаловедения).....	51
Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н. Влияние графита на трибологические свойства высокопрочных чугунов в испытаниях со смазкой.....	54
Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Квон С.С., Куликов В.Ю., Нусратуллаев А.А. Влияние литейных холодильников на формирование микроструктуры и эксплуатационных свойств высокохромистых белых чугунов.....	57
Жумашев К.Ж., Нарембекова А.К. Түсті металлургия кәсіпорындарының өнеркәсіптік ерітінділерінен мышьяқты тұндыру.....	60
A. Zhakan, Ye. Makhambetov, A. Zhunusov, Zh. Sadyk, O. Yucel Overview of man-made raw materials for smelting chromium-manganese-silicon ferroalloy.....	62
Заякин О.В., Штеер Е.В., Султангазиев Р.Б. Абдилдина М.М. Бор қосылған модификаторлардың жоғары беріктігі бар шойын қасиеттеріне әсері.....	64
Заякин О.В., Достоева А.М., Жәлел Ә.Т. Металлургиялық роликтер дайындауда 40ХНЗМФ маркалы болатты пештен тыс кешенді өңдеу.....	66
Ибраимова Ж.А., Исагулова Д.А. Шалкия кен орнындағы қиын байытылатын қорғасын-мырыш кендерін өңдеудің заманауи әдістерін салыстырмалы талдау.....	69
Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю. Выбор технологических параметров для изготовления шамотных кирпичей с повышенной термоустойчивостью.....	72
Исагулов А.З., Махамбетов Е.Н., Онуралп Юджел, Сәулебек Ж.Қ. Хром шикізатын алдын ала тотықсыздандырудың заманауи технологиялары.....	75
Kabyllkanov S., Abdulina S., Makhambetov Ye., Ayaganova Zh., O. Yucel Review of the use of silicon-aluminum alloys as reducing agents in the production of chromomanganese alloys.....	78
Каменева Е.В., Платонова Е.С. Переработка термопластичных материалов в условиях ТОО «EURO PACK».....	81
Квон Св.С., Окишев К.Ю., Ержан А. Исследование влияния железорудного концентрата на свойства брикетов, полученных из отходов производства ферросилиция.....	84
Квон Св.С., Куликов В.Ю., Шарая О.А., Водолазская Н.В. Инженерия поверхности стали после лазерного микролегирования.....	86
Ковалев П.В., Исагулова Д.А., Жаксыбекова А.А. Сирек жер металдарын пайдалану арқылы металл өнімдерінің сапасын арттыру жолдарын зерттеу.....	89
Ковалев П.В., Куликов В.Ю., Қордашева А.А. Болат құйма дайындамалардың құрылымына инокуляторлардың әсерін зерттеу.....	91

Ковалев П.В., Куликов В.Ю., Байбеков Ш.С. Вариативті статикалық қысымды пайдалану кезінде байланыстырғыш құрамы төмен құм-шайыр қалыптарын жасау технологиясын әзірлеу және зерттеу.....	93
Колпаков А.С., Якушев И.Н., Кардонина Н.И., Окишев К.Ю. Кинетика роста и структура покрытий MOSI_2 на молибдене, нанесенных в виброкипящем слое	96
Қабылғани Ч.К., Болатбекова М.М. Применение аддитивных технологий для изготовления оптических изделий.....	99
Мамяченков С.В., Макашева А.М., Бекбаева Л.А. Кластерно-ассоциатная модель вязкости шлаковой системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-10\%AL}_2\text{O}_3\text{-10\%MGO-MNO}$	102
Мырзагалиев А.А., Исагулов А.З., Onuralp Yucel, Махамбетов Е.Н. Термодинамическое моделирование процесса получения алюмосиликохром	105
Мырзагалиев А.А., Исагулов А.З., Onuralp Yucel, Махамбетов Е.Н. Особенности получения рафинированного феррохрома с использованием комплексного восстановителя алюмосиликохрома.....	108
Нарембекова А.К., Ерболат Н. Күрделі қорытпалармен болатты тотықсыздандыру, легірлеу және модификациялау процестерінің физика-химиялық ерекшеліктері.....	111
Нартбай Е.Ж., Достоева А.М. АД31 алюминий қорытпасының коррозияға төзімділігін арттыру әдістерін зерттеу.....	113
Нурланова М.Б., Тулегенова Ш.Н. Получение и применение жидкостно-воздушных закалочных сред.....	116
Окишев К. Ю., Аринова С. К., Алтынова А. Е. Шамот кірпіштерінің құрамындағы техногенді қалдықтардың (күл мен қож) әсерін эксперименттік зерттеу.....	119
Оспанов Е.А., Малышев В.П., Макашева А.М., Бекбаева Л.А. Адаптация вероятностной модели измельчения к лабораторным условиям на примере кварцевой руды.....	122
Платонова Е.С., Юдакова В.А. Совершенствование технологического процесса термической обработки строительной арматуры.....	125
Рустамов Ф.М., Тулегенова Ш.Н. Влияние режимов закалки и отпуска на стойкость сверл из стали Р6М3.....	128
Reshotkina Y., Naboko Y. In-mold modification of cast iron to improve the performance of castings.....	131
Салкынбаев Б.Ж., Исагулов А.З., Салихов С.П. Махамбетов Е.Н. Оценка влияния условий хранения и разработка мероприятий по устранению самовозгорания спецкокса ао «шубарколь комир» в накопительных бункерах.....	133
Саркенов Б.Б. Іші қуыс алюмосиликатты шыны микросфералар.....	136
Сержан А.Ж., Ковалёва Т.В. Исследование отливок из сложнолегированных сталей, изготовленных в условиях экзогенного и эндогенного воздействий на расплав.....	139

Сұлтанбек Т.Ж., Достоева А.М., Канафин Т.Ж. THERMO-CALC бағдарламалық кешеніндегі AL-FE қорытпасының фазалық құрамына кремний мен марганецтің әсерін термодинамикалық талдау.....	142
Saduakassova Zh.S., Karakasu M., Kropachev P.A., Kozhakhmet A.M. Influence of physical and chemical properties of oil on the quality of bitumen: study of the zhetybay field.....	145
Толоконникова В.В., Байсанов С., Нарикбаева Г.И., Корсукова И.Я. Метод извлечения термодинамической информации из диаграммы состояния.....	148
Төлеукадыр Р.Т., Ахметов А.С., Жунусов А.К., Еремеева Ж.В., Аяганова Ж.Т. Металл илемдеу отқабыршағын ультрадыбыстық тазарту.....	151
Тулупова М.А., Квон Св.С., Окишев К.Ю. Исследование влияния ванадия и ниобия на фазообразование в высокохромистом чугуна.....	154
Утемуратова Б.К., Жарылқасын Н. О. Экологические преимущества переработки сталелитейных отходов в огнеупорные материалы.....	157
Хисматулин Д.О., Шабанов Е.Ж. Фазовая диаграмма строения систем FE-AL-CR И SI-CR-FE при температуре плавления 1723к в комплексном сплаве AL-CR-FE-SI.....	160
Хисматулин Д.О., Шабанов Е.Ж. Фазовая диаграмма строения систем SI-AL-FE И SI-AL-CR при температуре плавления 1723к в комплексном сплаве AL-CR-FE-S.....	163
Černašėjienė R., Černašėjus O., Škamat J. The investigation of formation of plasma-sprayed coating splats on aluminum-magnesium alloy.....	166
Шаихова Г.С. Ультразвуковой контроль балкитовых жүйелердің құрылымы мен қасиеттеріне әсері.....	169

МАШИНА ЖАСАУДЫҢ ДАМУ БОЛАШАҒЫ

Ашимбаев Д.А., Кызыров К.Б., Решетникова О.С. Определение конструктивных параметров поршня-бойка гидроударного механизма с совмещенным органом управления.....	172
Байсеитова Е.А., Ковалев П.В., Куликов В.Ю. Исследование структуры брикетов из пылевидной стружки стали ШХ15.....	175
Бузауова Т.М., Бейбіт Ш.Ғ. Обзор методов контроля профиля наплавленных крупномодульных зубьев шестерен.....	177
Буялич Г.Д., Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М. К разработке конструктивных схем и моделей безмонтажной выемки сложнозалегающих минералов.....	180
Гурьянов Г.А., Ким В.А., Ликунов А.В., Васильева О.Ю. Валковые дробилки с полицилиндрическими валками в стадийном измельчении материалов.....	183
Доненбаев Б.С., Маздубай А.В. Методика численного моделирования для определения оптимальных режимов резания труднообрабатываемых материалов.....	186

Zharkevich O.M., Pitirimova T.V. Cognitive integrative vision in mechanical engineering quality control.....	188
Еңбек Д. Ж., Бузауова Т.М., Гаврилин А.Н. Анализ причин вибраций при восстановлении винтовых поверхностей на станках с ЧПУ.....	191
Капаева К. Т., Гиерц Л. Поверхностное упрочнение зубчатых колес с внутренним зацеплением.....	197
Карсакова Н.Ж., Имашева К.И. Повышение качества обработки ступенчатых отверстий крупногабаритных деталей.....	199
Jelena Škamat, Мусаев М.М., Касымбабина Д.С. Способы восстановления изношенных инструментов пуансонов.....	201
Мухамедьяров Д.З., Юрченко В.В. Проектирование технологического процесса с применением цифрового двойника предприятия.....	204
Мухитова А.Е., Černašćius O., Жаркевич О.М. Исследование остаточных напряжений в наплавленном слое.....	207
Мұрат Ә.Т. Улучшения графика ремонта оборудования путем внедрения системы технического обслуживания и ремонта.....	210
Мұрат Ә.Т. квозная многокритериальная оптимизация поста- вок и планирования производства.....	212
Рубенков В.П., Нуржанова О.А. Современные подходы к восстановлению внутренней поверхности гильз гидроцилиндров.....	214
Смагулов А.С. Исследование прочности ролика ленточного конвейера	217
Смаилова Б.К., Бузауова Т.М. Қалпына келтірілген тістің жанасу және иілу кернеулерінің салыстырмалы талдауы: аналитикалық және сандық тәсіл.....	220
Стукач О.В., Жаркевич О.М., Решетникова О.С. Оценка рабочих характеристик конструкции многостепенного насоса	222
Таттимбек Г., Шеров К.Т., Мардонов Б.Т., Матешоа А.К. Ірі модульді тісті доңғалақтардың параметрлерін өлшеу әдістері туралы.....	224
Таурбаев А.Е., Кызыров К.Б., Решетникова О.С. Исследование процессов функционирования стабилизаторов потока и гидроударного механизма (гум) с совмещённым органом управления.....	227
Турусбекова А.С., Мусаев М.М., Таттимбек Г. Жанасытын беттері бар бөлшектерді жасау кезінде аддитивтік технологияларының қазіргі жағдайына шолу.....	230
Хрусталева И.Н., Жетесова Г.С. Оптимизация процесса формообразования группы резьбовых отверстий.....	232
Юсупов Д.И., Берг А.С. Инновационные технологии повышения надежности цепных передач цепных муфтах.....	235

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС

Абдильдина Г.А., Ахметов Б.Б. Құрылымдық- конструктивтік сызба.....	238
Абдрахманова К.А., Михайлов Н.П. Оптимизация геотехнических решений при строительстве на просадочных грунтах в центральном Казахстане.....	241

Абдрахманова К.А., Михайлов Н.П. Обзор методов устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах.....	244
Абишева А.С. спользование фасадных цементно-песчаных плит с применением мраморной крошки в строительной отрасли.....	247
Айжамбаева А.Н., Абдрахманова К.А. Инновационный подход к проектированию и строительству асфальтобетонных покрытий.....	250
Ан А. Д., Рябкова М. П. Анализ существующих методов оценки несущей способности свайных фундаентов по нормативным документам РК.....	252
Ан А. Д., Рябкова М. П. Анализ методов расчета сейсмостойкости откосов в насыпных сооружениях.....	255
Асыллова Е.Б., Сейтказинов О.Д. Конструктивті құрылымдық шешімдердің аз қабатты ғимараттардың жылу тиімділігіне әсері.....	257
Аубакирова З.А., Рахимов М.А. Разработка бетонных смесей для 3D-печати.....	260
Ашимов Т.М., Касимов А.Т.,Хамитов Е.С., Несипбай А.Р. Монолитті құрылыс конструкцияларын қыс маусымында бетондау технологиясының ерекшеліктері.....	262
Базыл Ә. Д., Абдрахманова К. А. Исследование методов проектирования промышленных зданий с учетом опыта зарубежных стран.....	265
Базыл Ә. Д., Рябкова М. П. Исследование внедрения системы менеджмента и качества в структуру строительного предприятия.....	268
Батырбекова Ж.Е., Әнуарова А.Д. Металлургиялық қалдықтарға негізделген төмен көміртекті клинкерсіз цемент әзірлеу және оның қасиеттерін зерттеу.....	271
Безкоровайная Т.Н., Жакулина А.А. Рациональное решение для сейсмозащиты зданий: встроенное основание колонны в фундамент	274
Борисевич Ю.А., Любченко М.В. Будущее архитектуры Казахстана и сохранение культурного кода городов Средней Азии.....	277
Босова А.А., Кульпеисова Т.С. Применение геоинформационных систем в проектировании и оптимизации промышленных земель.....	280
Босова А.А., Игемберлина М.Б. Өнеркәсіптік аймақтардағы жерге орналастыру процестерін цифрлық технологиялар арқылы жетілдіру.....	283
Босова А.А., Байжуманова Н.С. Жер ресурстарын басқарудағы цифрлық шешімдердің өнеркәсіптік аймақтарға ықпалы.....	286
Вавилова О.Н., Маштакова Е.К. Особенности сталинской архитектуры на примере застройки 50-х годов в г. Караганде.....	289
Гомарова Б.М. ұражай сәулетінде қолданылатын заманауи инновациялық технологиялар.....	292
Ғабдулағлан З.М., Рахтаев А.С. Исследование основания автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности.....	294
Дадиева М.К., Арынмын Мустафа Құрылыстағы жасанды интеллект. Құрылыстағы жасанды интеллект туралы түсінік.....	297

Даулетхан Д.Н., Рахимов М.А. Исследование эксплуатационной надежности несущих конструкций конвейерных галерей.....	300
Дивак Л.А. Геоферментированный бетон. Микробиологический подход к устойчивым строительным материалам	302
Дхомане И.А., Любченко М.В. Совершенствование территории жилых дворов как фактор гуманизации городской среды.....	305
Жоламанова А.Ш., Ахметжанов Т.Б. Исследование звукоизоляционных свойств ограждающих конструкций с ребрами жесткости.....	308
Zhautikova S.A., Varzegov R.V., Perederish A.A. Possibilities and prospects for implementing 3D printing technology in the construction industry of Kazakhstan.....	311
Zhumagulova A. A. Development of new road building materials.....	314
Жусупбеков А.Ж., Мукашева А.С., Жаирбаева Г.А. Комплексные испытания свай в условиях г. Павлодара.....	317
Замалетдинов Т.И., Абдрахманова К. А. Внедрение технологий BIM и искусственного интеллекта в строительство.....	320
Игильман А.К., Низаметдинов Ф.К. Оценка точности геодезических работ на примере сооружения «Казахстан темиржолы».....	323
Иманов М.О., Жумагулова А.А., Қожахмет А.М., Садуакасова Ж.С. Полімерлік қалдықтарды пайдалану арқылы асфальтобетон құрамдарын әзірлеу және оның деформациялық қасиеттерін зерттеу.....	326
Иманов М.О., Таукебаев Д.А., Майкотова К.К. Новый способ производства железобетонных свай.....	328
Кадиров Ж.Ж., Ахметжанов Т.Б. Аз қабатты азаматтық ғимараттардың жылу тиімділігін зерттеу.....	331
Кайруллин Ж.К., Ахметжанов Т.Б. Исследование методов проектирования здания со сложным фасадом с использованием нарезных кассет.....	334
Калмагамбетова А.Ш., Ниязова В.Е. Фосфор шлагын пайдалану тиімділігін бағалау негізінде ауыр бетонның беріктігін арттыру жөніндегі зерттеу.....	337
Картобаева Р.Х. Дәстүрлер мен технологиялардың тоғысындағы биоархитектура: Қазақстанның тұрақты жобалауындағы киіз үйлердің әлеуеті	340
Касимов А.Т., Ахажанов С.Б., Касенова А.Н. Серпімді негіздегі арқалықты кернеулі-деформацияланған күйін есептеудің тәсілдеріне талдау жүргізу.....	343
Касимов А.Т., Серикова Г.Ж. ұрғын үйлерді тұрғызу кезеңдеріндегі энергия үнемдегіш технологиялар.....	346
Касимов А.Т., Касенова А.Н., Садыкова А.Н., Несипбай А.Р Көпқабатты композитті құрылыстардың есептеу үлгілері.....	349
Касимов А.Т., Несипбай А.Р., Ахметжанов Т.Б. Факторы, влияющие на теплопроводность строительных изоляционных материалов.....	352
Кикнадзе Р.К., Мухамеджанова А.Т. Методы расчета характеристик прочности и деформации грунта.....	355

Киреева А.О., Мукатаева М.С. Принципы устойчивого строительства: как проектировать здания для будущего и будущее строительства.....	358
Кропачев П.А., Иманов Е.Қ. Құрамында шыны қалдықты бар композиттердің қасиеттерінің түзуіндегі гранулометрлік фактор.....	361
Котлярская И.Л., Носова А.О., Успенская М.В. Термочувствительные материалы в строительстве.....	364
Kaltaeva A.A., Zhakupova Sh.S., Intelligent methods for constructing 3D terrain models based on uav data.....	366
Ловягин А.С., Ловягина М.И., Рябкова М.П. К вопросу оптимизации проектирования при работе в программной среде autocad.....	369
Лукпанов Р.Е., Кабдырова Л.Т. Ледофобизирующий пропиточный состав для бетонных дорог на основе полимерного компонента.....	372
Lovyagin A.S., Lovyagina M.I., Rakhimov A.M. Standardization and research of design acceleration methods in the autocad environment.....	375
Масуғұт Б.Е., Ахметжанов Т.Б., Бакирова Д.Г. Лира-ажж жүйесінде ферма құрылымдарын есептеу әдістемесін іске асыру.....	378
Мукатаева М.С., Рахимов А.М. Сауда орталығының конструкцияларының тұрақтылығына эксплуатациялық жүктемелер мен қоршаған ортаның факторларының әсері.....	381
Мукатаева М.С., Ахметжанов Т.Б. Интеграция ISO 9001 и BIM-технологий в современном строительстве.....	384
Нагачбаева Б.А., Кульпеисова Т.С., Рахимов Г.Н. Көтергіш құрылымдарды салудағы геодезиялық қамтамасыз етудің ерекшеліктері мен инновациялық тәсілдері.....	387
Нугужинов Ж.С., Ахмедиев С.К., Қойшыбай Ж.А. Хабидолда О. Модальный анализ ортотропных треугольных пластин.....	390
Нугужинов Ж.С., Бекетова М.С. Исследование влияния ортотропии материалов при плоском напряженном состоянии треугольных пластин.....	393
Нұржігіт А.А., Рысбек С.С., Токанов Д.Т., Нугужинов Ж.С. Комплексный научно-технический мониторинг технически сложных зданий и сооружений с оценкой надежности конструкций на основе вероятностных методов	396
Ожигин С.Г., Егоров И.П., Калибеков А.С. Создание опорного геодезического обоснования с использованием гнсс технологий для обеспечения контроля состояния железнодорожной инфраструктуры.....	398
Рахимов М.А., Ергалиева Т.А., Молдамуратов Ж.Н. Төбені гидрооқшаулауға арналған битум-полимерлі орамды балкытылған мембраналардың физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері.....	401
Рахимова Г.М., Хан М.А. Инновационное бесклнкерное вяжущее на основе техногенного сырья: структура и свойства.....	403
Рахимов М.А., Әнуарова А.Д., Жанабай Н.Ж., Майкотова К.К. Инновационные подходы к разработке бетонов в ариатропной структуры для стеновых элементов ограждающих конструкций зданий.....	406

Рахимов М.А., Сагимбаев Б.Т., Станевич В.Т. Исследование теплоизоляционных свойств при.изоляции магистральных трубопроводов инженерных сетей города Астана.....	409
Рахимов М.А., Мейрам М.Д. Разработка композиционных строительных материалов с пониженной теплопроводностью на основе техногенного сырья.....	412
Рахимова Г.М., Адыханова А.С. Устойчивые инженерные сети: роль цифровых решений.....	414
Рахимова Г.М., Абилдаев Н.Т., Қайыржан Ғ.Е. Усиление металлических конструкций: актуальность и перспективы.....	417
Рахимова Г.М., Осипов П.П., Рахимова Ж.Б. Обзор методов моделирования сжимаемости и напряженно-деформированного состояния грунтов с использованием программных комплексов plaxis и midas gts nx.....	420
Рощук Е.Д., Кропачев П.А. Разработка методики автоматизированного расчета физического износа конструктивных элементов зданий по их удельной значимости.....	423
Рощук Е.Д., Рябкова М.П. Анализ характерных дефектов зданий топливно-энергетического комплекса (тэк) казахстана в условиях длительной эксплуатации.....	426
Рысбек С.С., Рябкова М.П. Сложное сопротивление сжато-изогнутого стержня с учетом упругой податливости опоры с применением строительного инжиниринга.....	428
Рябкова М.П., Михайлов Н.П. Анализ геотехнических рисков при строительстве объектов на слабых грунтах и методы их минимизации	431
Rakhimov M.A., Taukebaev D.A., Meiram M.D. Assessment of the potential of technogenic tailings as a component of thermal insulation building materials.....	434
Rakhimova Zh.B., Bakirbayeva A.A., Rakhimov M.A. Use of secondary polymer materials to increase the durability and strength of road pavements.....	436
Rozana Zakaria, Imanov Y. SME contractor multi criteria business model on adaptation of construction industry revolution 4.0 in malaysia: a pilot instrument.....	439
Сайфуллин К.И. Повышение несущей способности железобетонных конструкций с использованием фиброармированных пластиков.....	442
Самойлова Т.Ю., Рахимова Г.М., Рахимов М.А., Тоимбаева Б.М. Особенности технологии производства трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем высокопоризованного полистиролбетона.....	445
Селиванов О.И., Ахметжанов Т.Б., Кумашев Н.А. Перспективы дальнейших исследований в области автоматизированного проектирования.....	448
Серова Р.Ф., Ахметов Б.Б. Тұрғын үйдің темірбетон конструкцияларын бақылауда қолданылатын есептеу әдістері.....	450
Сорока О.П., Брянцев А.А. Анализ изменений в методике ценообразования на строительную продукцию в Республике Казахстана.....	453
Тайманова Г.К., Әділхан К.Т. Қабырғалық конструкцияның құрылымдық шешімдері оның жылу қасиеттеріне тигізетін әсері.....	456

Тайшикова А.М., Иманбаев Е.Е. Фрезерные машины для резания мёрзлых и прочных грунтов.....	459
Такирова А.Х., Рахимов М. А., Әнуарова А. Д., Рахимов А. М. Использование золошлаковых отходов ТЭЦ Республики Казахстан в производстве сырьевой керамики.....	462
Тоимбаева Б. М., Аскарлов А. А., Рахимова Г. М. Исследование конструктивных решений зданий для повышения качества внутренней среды в центральном Казахстане.....	465
Токанов Д.Т., Таженова Г.Д., Нұржігіт А.А. Анализ причин дефектов и повреждений навесного вентилируемого фасада на примере высотного жилого комплекса "симфония" в Астане.....	468
Утемуратова Б. К., Иса Т.Б. Биобетон и самовосстанавливающиеся материалы: будущее строительства.....	474
Утемуратова Б. К., Мукатаева М.С. Сравнительный анализ методов оценки надежности несущих конструкций торговых центров.....	477
Утемуратова Б. К., Смагулова Д.Д. Роль искусственного интеллекта в сфере архитектуры и строительства.....	480
Утемуратова Б. К., Тен А.В., Мукатаева М.С. Программные комплексы для численного моделирования конструктивных элементов зданий.....	483
Утемуратова Б. К., Тен А.В., Иса Т. Технологии автономного выравнивания в модульном строительстве: кросс-индустриальный обзор.....	486
Утемуратова Б. К., Дайыржанов Е.Б. Автоматизация и цифровизация в строительной отрасли.....	489
Утемуратова Б.К., Несіпбай А. Р. Материалы с фазовым переходом для комфорта и энергосбережения в зданиях.....	492
Фаткуллин А.Е., Ахметжанов Т.Б., Шведов А.А. Перспективы развития проектирования комфортных школ в караганде.....	495
Zh.Shakhmurov, D. Dyusseminov Development of hydrophobic concrete for potential USE in reinforced concrete piles	498

КӨЛІК ЖӘНЕ ЛОГИСТИКА

Абдығалиева С.Ж., Маратов А.М. Майқұдық станциясында «Қарағанданеруд» ЖШС кірме жолында электронды таразыны енгізу.....	502
Ажаипов А.М., Пак И.А., Пенкин С.А. Методика продления срока службы батареи электромобилей.....	505
Акашев А.З., Әдікенұлы Е. Перспективы развития карьерного транспорта.....	507
Ақенов С.Ш. Транспортная логистика в республике казахстан в 2025 году: вызовы и перспективы.....	510
Аскарлов Б.Ш., Абишев К.К., Абжанова Ж.К. Екібастұз станциясының вагоноайналымын болжау.....	513
Аймуханов Д.С., Кадыров А.С., Лукаш В. Применение автомобильных свап-комплектов в механизмах транспортной техники.....	515

Аскаров Б.Ш., Булатов Н.К., Болатова Д.М. Жезқазған станциясының вагон айналымын болжау	517
Assainov I., Danilov O., Zharkenov N. Use of drones and ai for monitoring and predictive maintenance of pipeline transportation.....	519
Аубекерова Ж.Н., Солод А. Кольцевые пересечения как фактор повышения безопасности дорожного движения.....	522
Әдікенұлы Е. Энергосберегающие автоматические тормозные системы на сортировочных станциях	524
Әлікәрімова Ж.Н., Мауленова А.М. Қарағанды қаласындағы жолаушылар тасымалын жақсарту мақсатында «оңай» қосымшасын жетілдіру.....	527
Байгожина П.У., Bartosz W. Жүк вагондарының жұмыс қабілеттілігін болжау негізінде оларды пайдалану тиімділігін арттыру.....	529
Байжанова А.А. Академиялық жазу мәселелері және оларды инженерлік салада зерттеу барысында еңсеру жолдары.....	531
Балабаев О.Т., Көшен А.А., Толгатов Д.Т. Сабурхан станциясының вагоноайналымын болжау.....	534
Балабаев О.Т., Суюнбаев Ш.М., Косбармаков С.Ж. Тау-кен кәсіпорындары үшін резиналы тростты конвейерлік таспаның конструкциясын әзірлеу және жұмысын зерттеу.....	536
Балгабеков Т.К. Автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдауда көліктік есепті ең төменгі құн әдісі арқылы есептеу	538
Беляев А.В. анализ мировых рейтинговых агентств	541
Balabayev O.T., Jian-Jun Shu, Mikhailov V.F. Investigation of traffic intensity on highways.....	543
Гулый С.В., Рожков А.В. Алгоритм уточненного расчета дополнительного сопротивления движения поезду на уклонах.....	545
Дәрібжан М.С., Кукешева А.Б. Оптимизация плановых технических обслуживаний на горных предприятиях.....	548
Димиденко А.А., Кабикенов С.Ж. Применение информационных технологий для планирования перевозок в городской среде.....	550
Дружинин Д.Г., Кукешева А.Б. Применение искусственного интеллекта в транспортной логистике	553
Dasaev D.R., Ovcharov M.S., Kelisbekov A.K. Development of an automated control system for exhaust gas afterburning in an internal combustion engine.....	556
Жакенов Б.К., Кутенько С.Ю., Сильченко В.Г. Технология диагностирования автобусов yutong.....	559
Жумабеков А.Т., Кадыров А.С. Көлік инфрақұрылымындағы мобильді жол өтпелерінің рөлі.....	561
Жунусбекова Ж.Ж., Пенкин С.А. Развитие городского пассажирского транспорта Карагандинской области.....	564

Забровский В.В., Пак И.А., Амантаев А.Е. Исследование технологий очистки и обработки трубопроводных систем.....	566
Заворухин Д.А., Кенжебаева Г.Ж. Производство чипсов «lay's»: логистическая цепочка от производства до реализации.....	569
Исабаев М.С., Сарсембеков Б.К., Wieczorek В. Ультразвуковая и лазерная очистка выхлопных газов как инновационный метод снижения углеродного следа транспорта в мегаполисах Казахстана.....	572
Исина Б.М., Кенжекеева А.Р., Адилова Н.Д-У. Қазақстан еспубликасының халықаралық көлік дәліздерін пайдалаудың тиімділігі.....	575
Ищенко А.П. ценка результативности прямых цепей поставок	578
Kappas O., Ludovit Hajduk, Zharkenov N. Study of the effect of timely control of wheel installation parameters on vehicle operation efficiency.....	581
Khara M.V., Maslak G.V. Formalization of uncertainties in the monitoring system of enterprise wagon fleet operations	583
Кадыров А.С., Варгула Л., Дюсенбаев Е.Ш. Дизельді қозғалтқыштың модульдік ультрадыбыстық бәсендеткішінің құрылымын зерттеу.....	586
Калтаева Д.С., Кенжебаева Г.Ж. Влияние цифровых технологий на факторы конкурентоспособности компании.....	589
Карсакова А.Ж., Оразалина А.Б., Сахапов Р.Л. Қазіргі уақыттағы теміржолдар жағдайы.....	592
Кенжекеева А.Р., Джумаханов Е.А. Технологиялық график уақытын қысқарту есебінен жомарт станциясында кірме жол жұмысын жетілдіру.....	595
Киселёва Г.В., Кулев А.А. Проблемы и пути повышения прибыльности ТОО «Вираз-сервис Казахстан»: анализ и предложенные мероприятия.....	598
Кошмаганбетова А.С., С.Ж., Лукаш Г. Литий-ионды аккумуляторларды қайта өңдеу әдістерін талдау.....	601
Кудайбергенова А.Б., Мауленова А.М. Қарағанды қалалық желілерінде көлік инфрақұрылымының логистикалық процестерін цифрлық технологияларды қолдану арқылы оңтайландыру.....	603
Қасымжанова А.Д., Суюнбаев Ш.М., Мырзахметова Д.М. Шығанақ станциясының вагоноайналымын болжау.....	605
Maslak A.V., Dzhenchako V.G. Application of data mining technology for optimizing the operation of a freight station handling bulk raw materials.....	607
Макашев Б.К., Медеубаев Н.А. Повышение эффективности каталитических нейтрализаторов дизелей в подземных условиях эксплуатации.....	610
Мануйленко А.Н., Попандопуло Х.Х. Прогнозирование простоя вагонов под грузовыми операциями на станции «распорядительная» АО «Qarmet».....	613
Мауленова А.М.6 Мусалиева Р. Д. Формирование системы развития пассажирских перевозок автомобильным транспортом в городских агломерациях (на примере г. Караганды).....	615
Мизамбаев А.М., Батырбек М.Б. Роль искусственного интеллекта в логистике.....	618

Омарова Т.Ж. «Қазақстан темір жолы» ҰК» АҚ «Балқаш» станциясының кірме жолдарына вагондарды беру мен жинауды зерттеу және оңтайландыру	620
Орақбаева А.Қ. Вагондарды сұрыптау төбесінен жіберу үдерісіне жасанды интеллектіні интеграциялау	623
Рахатова А.Б., Абекова А., Кабиева Г.К. Геометрический метод решения задач линейного программирования.....	625
Sadullaev B.A., Xusenov U.U., Suyunbaev Sh.M. Technologies for improving the optimal method for transporting empty wagons to loading addresse.....	628
Суюнбаев Ш.М., Бейсембаев Д.М. 3D-модельдер негізінде рельсті тасығыштардың алынбалы жабдығының элементтеріндегі кернеулерді модельдеу.....	631
Хайбуллин Р.Р. Определение оптимального количества вагонов в подаче на грузовые фронты станции «Радиоузел» УД АО «QARMET»	633

ХИМИЯ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Айтымов А.К., Кинаятов М.А. Эффективность физических методов обработки семян CATALPA SPECIOSA на этапе предпосевной подготовки.....	636
Акимбекова Б.Б., Амирхан А.А. Қиын байытылатын алтын құрамды кенді өңдеу технологиясын әзірлеу бойынша зерттеулер.....	639
Александрова Л.В. елатин-хитозановые пленки с экстрактом семян грейпфрута.....	642
Алиева Д.Т., Пустолайкина И.А. In SILICO оптимизация выбора специфического циклодекстрина в качестве молекулярного контейнера для алкалоидов.....	644
Альшевская М.Н., Бузин В.К., Белова М.П., Альшевский Б.Д. Научное обоснование технологии макаронных изделий с добавлением фракций морепродуктов.....	647
Альшевский Д.Л., Мошарова М.Э., Устич В.И., Казимирченко О.В. Перспективные направления повышения качества формованных изделий на основе фарша кальмара с использованием структурированных наполнителей.....	649
Балпанова Н.Ж., Ибатолла Г.Қ., Малин Г., Кулматов Т.Н. Мамалвахова Д.Т. Біріншілік тас көмір шайырының 200-350 ⁰ с температура аралығындағы кең фракцияның жеке химиялық құрамына су мен нанокатализатордың әсері.....	652
Дербуш С.Н., Ибрайбеков Ж.Г., Тулеуов Б.И. Биотехнологические методы борьбы с вредителями овощных культур.....	655
Dosybaeva G.N., Akhmetova A.Zh., Amirgalina A.K. Hygienic assessment of working conditions for employees engaged in cotton production.....	657
Дюсекеева А.Т., Аманжолова А.С. Сульфидті мыс құрамды шикізатты (колчеданды-мыс-мырышты, мыс-қорғасынды) ұжымдық-таңдамалы байытудың режимін құру.....	660
Ерланова К.Е., Нуркенов О.А. Бициклді монотерпеноид (+)+ камфора гидразонының синтезі, құрылымы және модификациясы.....	663
Есенбаева К.К., Каргапольцева А.В., Дауренбекова Н.Е., Жузбаева А.С. Нанокатализатор мен сутегі донорының қатысындағы біріншілік тас көмір шайырының гидрогенизация процесінің оптималды жағдайлары мен кинетикасын анықтау.....	665

Elangwe C.N., Samuilova O.E., Uspenskaya V.M., Olekhnovich R.O. Optimizing amyloidosis treatment: natural bioactive delivery via chitosan-based hydrogels.....	668
Жақсыбаева М.Е., Мукархан К., Ибрайбеков Ж.Г. Топырақтан бөлініп алынған streptomyces туысы актиномицеттерінің антагонисттік қасиеттерін анықтау әдістері.....	669
Жарыкбасова К.С., Силыбаева Б.М., Ануарбекова А.Н. Биотехнология функционального творожного продукта с коллагеном и антиоксидантами.....	672
Жуманазарова Г.М., Сарсенбекова А.Ж., Дәулетбекқызы А. Исанова Б.Х. Изучение математических моделей, описывающих термическое разложение полимеров с использованием численных методов.....	675
Жуманазарова Г.М., Сарсенбекова А.Ж., Советова С. Ж., Исанова Б.Х., Керуенбаева Ф.С. Механизм термического разложения функционализированных гидрогелевых матриц	678
Какенова М.Ж., Самбаева Д.А. Қазақстандағы қатты тұрмыстық қалдықтарды эколого-экономикалық бағалау және жасанды интеллекттің қатты тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесіне қосылуы	680
Калмагамбетова А.Ш., Симпилиди Ю.С. Механизм твердения быстротвердеющих растворов на основе цемента.....	683
Карнеева Ф.С., Альшевская М.Н. Научное обоснование технологии вяленой продукции из объектов аквакультуры	686
Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Касенов Б.К., Куанышбеков Е.Е., Темирбаева Э.М., Дюсембаев Р.Т. Синтез, рентгенография и термодинамика купрато-ванадато-манганита $IANa_2CuVMNO_{7.5}$	688
Мукархан К., Бодеева Р.Т. Өсімдіктерді өсіруде мыс оксиді (CuO) нанобөлшектерін пайдалану ерекшеліктері.....	691
Мусина Г.Н., Жорабек А.А. Каталитикалық депарафинизация.....	694
Minayeva Ye.V., Onayeva Z.M., Sugralina L.M., Salkeyeva L.K., Omasheva A.V. One-pot synthesis of 5-(aminomethyl)-1,3,4-THIADIAZOL-2-amine from glycine and its <i>in silico</i> evaluation as a potential antibacterial agent	697
Нуркенов О.А., Нурмаганбетов Ж.С., Фазылов С.Д. Синтез и структура некоторых производных алкалоида лупинина.....	700
Нурмаганбетов Ж.С., Нуркенов О.А., Фазылов С.Д. Синтез и биологическая активность 1-((4-(4-(бензилокси)-3-метоксифенил)-1 <i>h</i> -1,2,3-триазол-1-ил)метил)октагидро-1 <i>h</i> -хинолизин.....	703
Орал А.А., Мукушева Г.К., Алиева М.Р. Изохинолинді алкалоид сальсолиннің синтезі мен биологиялық белсенділігі.....	706
Оралова А.Т., Тойлюбаева К.Н. Ағынды суларды тазартуға арналған модификацияланған сорбенттер.....	709
Patsera N.M., Voitsekhivska L.I., Verbytskyi S.B. Expedience of enzymatic biotechnological processing methods to obtain collagen from poultry legs.....	711

Полякова В.А., Пустолайкина И.А. In SILICO исследование супрамолекулярных комплексов куркубит[<i>n</i>]урилов с дофамином и триптофаном.....	713
Чернышев В.А., Русейкина А.В. Структура, свойства соединения EUDYCUTE ₃ : АВ INITIO расчет.....	716
А.М. Солоян, Д.А. Мартирян, В.В. Вардапетян, Л.А. Маргарян Изучение процессов эвтрофикации в воде реки раздан.....	719
Такибаева А.Т., Султанова Л.М. Лупан тритерпеноидтар қатарындағы аминдену реакциясының механизмі, ерекшеліктері.....	722
Темір Г.М., Меркулов В.В. Ситдикова Е.В. Ацетилен гликольдерін алу және олардың негізінде күрделі эфирлер синтездеу.....	724
Тургуналиева Д.М., Кулаков И.В. Синтез и ростостимулирующая активность оксима п-бутил-3,5-диметил-1 <i>h</i> -пиразол-4-карбальдегида.....	726
Филина М. П. Получение циклопентана из дициклопентадиена	729
И.М. Халилов, Б.Т. Мухамадиев, Ш.У. Мирзаева, Н.З. Ходжиева Разработка питательной среды для производства глабридина: эндофитного гриба, выделенного из солодки.....	731
И.М. Халилов, Б.Т. Мухамадиев, Ш.У. Мирзаева, Н.З. Ходжиева Выделение штаммов эндофитных микроорганизмов из растений солодки (<i>glycyrrhiza glabra</i>).....	733
I.M. Khalilov, B.T. Mukhamadiev, Sh.U. Mirzaeva, N.Z. Khodzhieva endophytic fungi in plants.....	736
Чикунев С.Ю., Трифонова Д.О., Кулаков И.В. (Синтез 2,7,8-триметил-7,8,13,14-тетрагидро-7,13-эпоксибензо[7,8]азоцино[3,4-с]циннолина.....	738
Zengin O., Bogdanova A.A. Leveraging of CRISPR-CAS9 technology in genetic engineering	740

Ғылыми басылым

**«XVII Сағынов оқулары.
Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық
конференциясының
ЕҢБЕКТЕРІ
26-27 масым 2025 ж.
3 – бөлім**