И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН
68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ

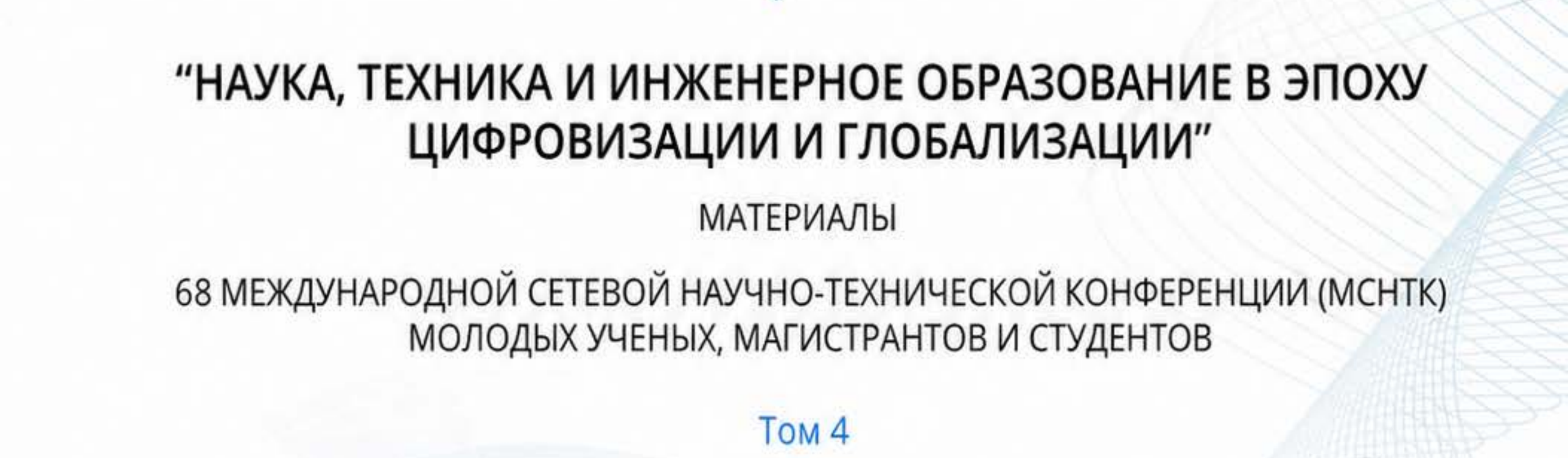
4-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК)
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 4



БИШКЕК – 2026

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН 68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ

4-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК) МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 4

БИШКЕК – 2026

УДК 37:004:62

Жаш окумуштуулардын, магистранттардын жана студенттердин 68-эл аралык онлайн илимий-техникалык конференциясынын материалдары. – Бишкек: КМТУ, 2026. – 4 -том, 293 б.

Жыйнакта жаш окумуштуулардын, аспиранттардын жана студенттердин «Санариптештирүү жана глобалдашуу доорундагы илим, техника жана инженердик билим берүү» аттуу 68-Эл аралык онлайн илимий-техникалык конференциясында сунушталган теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары камтылган.

Материалы 68 международной сетевой научно-технической конференции (МСНТК) молодых ученых, магистрантов и студентов.- Бишкек: КГТУ, 2026. – том - 4 293 стр.

В сборнике научных трудов представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований 68 международной сетевой научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Наука, техника и инженерное образование в эпоху цифровизации и глобализации».

Жыйнак авторлор берген макалалардын негизинде түзүлдү.
Алардын мазмунуна жана тууралыгына авторлор жооп берет.

Сборник составлен на основе материалов, представленных авторами.
Авторы несут ответственность за содержание и достоверность материалов.

Журнал электрондук форматта чыгарылат жана
Университеттин эмгек жамаатында колдонулат

Журнал для внутреннего пользования,
выходит в электронном формате

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Чыныбаев М.К., к.ф.-м.н., доц., ректор
Зам.председателя: Элеманова Р.Ш., д.т.н., проф.,проректор по НР
Секретарь: Дуйшеналиева А.Дж., к.п.н., доц., директор ДНиПК

Члены:
Сырымбекова Э.И., проректор по АР
Асиев А.Т., проректор по АХР
Чымыров А.У., проректор по МС
Арзыбаев А.М., проректор по цифровизации
Жайлообай кызы Ч., заведующая ОАиД
Абдиев А.Р., директор КГМИ им.У.Асаналиева
Рыспаева И.А., директор ТИ
Маткеримов Т.Ы., директор ИТиР
Калматов У.А., директор ЭИ
Кабаева Г.Дж., директор ИИТ
Болотов Т.Т., директор КИСИ им.Н.Исанова
Сагымбаев А.А., директор ИЭТ
Усупкожоева А.А., директор КГТИ
Кожобаева С.Т., директор ИАД
Сыдыкова Ч.К., директор ВШЭиБ
Уметалиев А.С., директор МВШЛ
Өзүбекова Р.А., директор филиала Кара-Куль
Тургунбаев М.С., директор филиала Кызыл-Кия
Сыдыков Ж.Д., директор филиала г. Токмок
Калчороев А.К., директор филиала г. Кара-Балты

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Элеманова Р.Ш., д.т.н., проф., проректор по НР
Зам.председателя: Дуйшеналиева А.Дж., к.п.н., доц., директор ДНиПК
Секретарь: Омурзакова А.Р., гл. специалист ДНиПК

Члены:
Аманкулова А.Б., директор издательства КГТУ им.И.Раззакова
Молмакова М.С., зам. директора по науке КГМИ .У.Асаналиева
Конкубаева Н.У., зам. директора по науке ТИ
Бопушев Р.Т., зам. директора по науке ИТиР
Уманова Н.Д., зам. директора по науке ЭИ
Тойбаева Ж.Д., зам. директора по науке ИЭТ
Кудакеева Г.М., зам.директора по науке ИИТ
Муканбет к. Э., зам. директора по науке КИСИ им.Н.Исанова
Коколоева У.У., зам. директора по науке КГТИ
Кадыркулов Д.А., зам. директора по науке ИАД
Чонкоева А.А., зам. директора по науке ВШЭБ
Орозонова А.А., зам. директора по науке МВШЛ
Суеркулов М.А., зам. директора по науке филиала г. Токмок
Дубинина В.В., ответственная по науке филиала г. Кара-Балта

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬНАЯ СРЕДА

1. **Аскербеков Д.А.**, **Каткова Н.С.** История изучения и музеефикация Берельских курганов…….. 7
2. **Ахметова Ж.Д.**, **Каткова Н.С.** Интеграция объекта культурного наследия в современную городскую среду: на примере города Уральск……... 17
3. **Воробьева Е.Д., Кенешов Т.С.** Организация парковки автотранспорта в микрорайоне № 5 города Бишкек с позиции жителей……. 25
4. **Усенов С.Д., Аширалиева Э.Д., Жунусали кызы А.** Основные исторические этапы развития туризма в Кыргызской Республике……... 31
5. **Усенов С.Д., Аширалиева Э.Д., Жунусали кызы А.** Основные факторы и принципы организации туризма на территории Базар-Коргонского района……... 35
6. **Калысбеков К.К., Смолев Е.В., Илисбеков Б.И., Мурзалиев Д.С., Курманбаев Б.Т.** Общие сведения о строительных конструкциях……..... 40
7. **Омурканова А.Т., Бекболов А.Ж., Бузурманкулов А.О., Бердибеков А.С., Ботугуров И.Б.** Виды свай в строительстве: преимущества, недостатки и применение…….. 45

ГОРНОЕ ДЕЛО

8. **Данченков В.И., Уметалиев А.С.** Инновационный ИИ-контролер для динамической оптимизации транспортных процессов в горной выработке…….. 51
9. **Данченков В.И., Уметалиев А.С.** Интеграция управления рисками в финансовую архитектуру горнодобывающих предприятий…… 56
10. **Данченков В.И., Уметалиев А.С.** Разработка интеллектуальной системы динамической диспетчеризации карьерного автотранспорта с подкрепленным обучением……... 63
11. **Данченков В.И., Уметалиев А.С.** Трансформация цепочки логистической ценности: влияние транспортно-технологической схемы доставки руды на прибыль горнодобывающего предприятия в рамках «горного дела 4.0…….. 68
12. **Жумабекова А.С., Молдобаев Э.С.** Получение редкоземельных элементов (РЗЭ) из техногенных отходов Ак-Тюзского рудного поля……..... 73
13. **Курбанбаева А.А., Осукеев Э.Ж., Жоробеков А.Б., Амангелдиев Н.М., Абдулдаев С.А.** Защитные сооружения от снежных заносов и лавин……..... 78
14. **Молдобаев Э.С., Орозобеков Э**. Оптимизация электрометаллургических процессов получения золота и серебра на базе ЗИФ «Альянс Алтын» …….. 84
15. **Мурсалиев Ч.Б., Осукеев Э.Ж., Маматкулов А.Т., Жоробеков А.Б., Амангелдиев Н.М.** Движения при эксплуатации дорог в горных условиях повышению безопасности……... 90
16. **Сыдыкова Б.** Использование ГИС-технологий в маркшейдерском контроле разработки месторождений……. 93
17. **Умаров Т.С., Абдыкалыков Э.Ж.** Применение современных геомеханических моделей для оценки устойчивости бортов карьера…….. 97
18. **Хасенов А.Р., Токтокожоева Т.К.** Эффективность водохозяйственной рекультивации песчаных карьеров в окрестностях Бишкека на примере карьеров села Озёрное…….. 103
19 **Шапакова Ч.К., Кочорбаев Б.Ч., Замирбай уулу Б.** Влияние буровзрывных работ на окружающую среду в районах горных разработок (на примере месторождения Бозымчак) ……. 107

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ

20. **Абдылдаев Э.К., Акжолова А.И.** Информационная технология при реализации математических моделей сред……. 113
21. **Тойгонбаев Н.К., Сатыбаев Дж.** Оптимизация чистой прибыли завода «кыргыз Унаа Курулуш» г. Ош…….. 120
22. **Мааматова Р.Н., Болотбекова А.Б., Абдылдаева А.Н., Ибраимов Э.Э., Акаев Р.М.** Автоматизированный мониторинг и математическое моделирование деградации биорастворимых имплантатов…… 124
23. **Ли Синь, Картанова А.Дж., Го Боцзянь.** Прогнозирование урожайности пшеницы с использованием глубокого обучения и метеоролого-экономических данных……. 130
24. **Жогаштиев Н.Т., Нурбекова А.Н., Нурбекова Н.У., Сабырова А.А., Сыдыков Ж.С., Эркинбек уулу Т.** Методы подавления шумов биомедицинских сигналов на основе ЭКГ……..... 142

ЛОГИСТИКА, ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

25. **Набиев И. А.** Проектирование снижения затрат в процессе хранения продукции (на примере компании «Куликовский») ……. 147
26. **Набиев И. А.** Метрополитен в городе Бишкек…….. 150

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

27. **Абдыкадырова А.М., Айтмурзаева Д.Т., Федоров М.В.** Разработка технологии кондитерских изделий диетического назначения……... 156
28. **Изтелиева Р.А., Онкалбай А., Аманжол К.** Исследование безопасности и оценка качества мясного сырья различных видов животных при производстве колбасных изделий..... 159

ТРАНСПОРТ И РОБОТОТЕХНИКА

29. **Абдралиев С.Б., Джанибеков Д.Б., Самсалиев А.А.** Использование магнетронной энергии для создания лазерной установки и обеззараживания жидких сред…… 169
30. **Апсеметов М.Ч., Приходько А.А., Абдулдаев С.А., Айтбеков Т.А., Талайбек уулу Ш., Иманбеков Э.Э.** Расчет дорожной одежды по отпечаткам колёс грузовых автомобилей HOWO на дорожное покрытие…… 173
31. **Жаныбаева А.Ж., Раджапова Н.А.** Механическое измельчение материалов и применяемые виды оборудования……... 180
32. **Жаныбаева А.Ж., Раджапова Н.А., Суюнтбеков И.Э**. Курулуш материалдарын майдалоо процессин теориялык изилдөө…… 185
33. **Жолдошбекова Г. А., Джалбиев Э.А.** Совершенствование локальной системы автоматического управления технологическим процессом…….. 189
34. **Муслимов А.П., Зарга Раян Монсеф, Абдыкеримова Д.К.** разработка автоматической системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока с параллельным возбуждением…… 195
35. **Садыков Э.Д., Самсалиев А.А.** Технологияларын интеграциялоо интеграция компьютерного зрения для автоматического считывания показаний аналоговых манометров в IOT-системах…….. 199

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

36. **Абаев У.А., Кудайбердиев Б.О.** Разработка бизнес-плана по производству медицинских ортопедических корсетов…….. 206
37. **Келдибеков К. К., Кудайбердиев О. Б.** Формирование центра повышения квалификации биомедицинских инженеров в условиях роста медицинской инфраструктуры Кыргызстана……. 211
38. **Осмонов А.Б.** Современные технологии гемодиализа и их вклад в качество услуг. 218
39. **Асанкожоев И.Н., Кемелова А.Б., Кийикбаева А.Ы., Молдоканова Д.А.** Формула и процесс отбеливания отработанного машинного масла…… 224
40. **Бопинаева Н.К., Кийикбаева А.Ы.** Технология производства макаронных изделий с повышенным содержанием белка…….. 229
41. **Сырымбекова Э.И., Молдоканова Д.А., Кийикбаева А.Ы., Асанкожоев И.Н.** Химия в строительстве: увеличение прочности бетона……..... 233
42. **Рахматулаева С., Касеинова К., Сырымбекова Э.И., Кудайбергенова Т.К.** Табигый чийки заттардан (өсүмдүк жана мал майынан) кир самын алуу ыкмасы…… 240

ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

43. **Абдирашитова Н.А., Шайлообеков К.Р.** Выбор оптимального варианта газораспределительной сети при обеспечении надежности…….. 242
44. **Абдирашитова Н.А., Шайлообеков К.Р.** Определение оптимальных диаметров внутридомовых газопроводов при проектировании…….. 246
45. **Калдар уулу Н., Жумадылов Т.** Изучения гидрологические характеристики реки Джарды-Кайынды панфиловском районе Чуйской области…… 250
46. **Маматов А.Ж., Эстебес уулу Н.** Суу ченөөчү түзүлүштөрдүн иштөө шарттарынын мүнөздөмөсү..... 254
47. **Сабыкенова Н.Ч., Каримов Т.Х., Расулова А.Н.** Методы очистки воды для малых населенных пунктов КР…… 259
48. **Абдыжапаров Н.Р.** Экологиялык айыл чарба: пестицидсиз келечек……. 263
49. **Абдыжапаров Н.Р.** Дүйнөдөгү глобалдык проблемалар..... 267

ЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

50. **Бакасов А.Н., Баялиев А. Ж.** Расчет и выбор гидротурбины для малой ГЭС в условиях сезонного изменения стока…….. 271
51. **Жусупов Т. Т., Аскалиева Г.О.** Метод распознавания аварийных режимов электрических сетей (электротехнических комплексов) на основе компьютерного моделирования алгоритмов анализа данных…….. 276
52. **Куряшев Е. А., Аскалиева Г.О.** Исследование и анализ динамической модели трехфазного трансформатора……... 280
53. **Мирлан кызы А., Бакасова А.Б**. Исследование и анализ проблем адаптации РЗА к условиям функционирования интеллектуальной сети…… 284

УДК 72.025.3(575.2)

Д.А. Аскербеков, **Н.С. Каткова**
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

D. A. Askerbekov, N.S. Katkova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
achacha@mail.com, zhanat.ahmetova@mail.ru

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И МУЗЕЕФИКАЦИЯ БЕРЕЛЬСКИХ КУРГАНОВ

БЕРЕЛ КОРГОНДОРУН ИЗИЛДӨӨ ТАРЫХЫ ЖАНА МУЗЕЙЛЕШТИРҮҮ

THE HISTORY OF RESEARCH INTO AND THE PRESERVATION OF THE BERELSKY BURIAL MOUNDS

Макалада Казакстандын эң маанилүү археологиялык комплекстеринин бири болгон Берел дөбөлөрүн изилдөө тарыхы каралат. Изилдөөнүн актуалдуулугу археологиялык изилдөөлөрдүн маалыматтарын системалаштыруу жана Алтай аймагынын байыркы көчмөндөрүнүн маданиятын изилдөөдө Берелдин ролун талдоо зарылдыгы менен шартталган. Археологиялык казуунун жана эстеликти илимий изилдөөнүн негизги этаптары каралат. Берел некрополунун байыркы коомдордун социалдык-маданий процесстерин изилдөөнүн жана аймактын музей жана туризм инфраструктурасын өнүктүрүүнүн уникалдуу булагы катары маани жөнүндө тыянак чыгарылды.

Түйүндүү сөздөр: *Берел коргондору, Казакстандын археологиясы, Алтайдын байыркы көчмөндөрү, сак маданияты, археологиялык изилдөөлөр, берил музей-коругу, эстеликтин туристтик потенциалы.*

В статье рассматривается история изучения Берельских курганов — одного из наиболее значимых археологических комплексов Казахстана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью систематизации данных археологических исследований и анализа роли Береля в изучении культуры древних кочевников Алтайского региона. Рассматриваются основные этапы археологических раскопок и научных исследований памятника. Сделан вывод о важности Берельского некрополя как уникального источника изучения социально-культурных процессов древних обществ и развития музейной и туристической инфраструктуры региона.

Ключевые слова: *Берельские курганы, археология Казахстана, древние кочевники Алтая, сакская культура, археологические исследования, музей-заповедник Берел, туристический потенциал памятника.*

This article examines the history of research into the Berel burial mounds—one of the most significant archaeological sites in Kazakhstan. The relevance of this study stems from the need to systematise data from archaeological research and to analyse the role of Berel in understanding the culture of the ancient nomads of the Altai region. The main stages of archaeological excavations and scientific research at the site are examined. A conclusion is drawn regarding the importance of the Berel necropolis as a unique source for studying the socio-cultural processes of ancient societies and for the development of the region's museum and tourism infrastructure.

Key words: *The Berel burial mounds, archaeology of Kazakhstan, the ancient nomads of Altai, the Saka culture, archaeological research, the Berel Museum-Reserve, the site's tourism potential.*

Введение. Анализ истории изучения Берельских курганов и определение их значения как уникального археологического комплекса древних кочевых культур Евразии, а также оценка роли Государственного историко-культурного музея-заповедника «Берел» в сохранении археологического наследия и развитии научного и культурного туризма.

Анализ научной литературы по вопросам изучения археологических памятников Алтайского региона показывает, что Берельский некрополь является одним из наиболее значимых объектов археологического наследия Казахстана. Исследования данного комплекса позволили получить уникальные сведения о культуре, социальной структуре и погребальных традициях древних кочевых обществ. Вместе с тем систематизация материалов археологических исследований и комплексный анализ истории изучения Береля остаются важными научными задачами.

Правовые основы сохранения археологических памятников в Республике Казахстан закреплены в нормативных документах, регулирующих вопросы охраны историко-культурного наследия. Закон Республики Казахстан «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» определяет правовые и организационные механизмы защиты памятников истории и культуры, а также устанавливает порядок их использования и государственной охраны [1]. В соответствии с государственным списком памятников истории и культуры республиканского значения Берельский археологический комплекс относится к числу особо охраняемых объектов культурного наследия [2].

Значительный вклад в изучение Берельских курганов внесли казахстанские археологи. В работах З. С. Самашева рассматриваются результаты археологических исследований некрополя, особенности погребальных сооружений и материальной культуры древних кочевников Казахского Алтая [3–5]. В совместных исследованиях З. С. Самашева, Г. А. Базарбаевой и Г. С. Джумабековой представлены результаты раскопок и анализ археологических материалов, полученных при исследовании курганов Берельского могильника [6].

Особое значение имеют археологические исследования, проведённые в конце XX — начале XXI века. В 1998–1999 гг. был исследован так называемый «царский» курган № 11, где было обнаружено уникальное погребение представителя кочевой знати в сопровождении женщины и тринадцати коней, сохранившихся благодаря природным условиям подкурганной мерзлоты. Среди находок были выявлены многочисленные предметы из дерева, кожи и войлока, украшенные изображениями в характерном для сакской культуры зверином стиле. Эти находки имеют большое значение для изучения художественной культуры и погребальных традиций древних кочевых обществ.

В период с 1998 по 2007 годы на территории Берельского некрополя было исследовано ещё 17 курганов, материалы которых существенно расширили научные представления о культурно-исторических процессах, происходивших на территории Алтайского региона в древности и средневековье. Результаты этих исследований нашли отражение в научных публикациях и международных научных форумах, что способствовало широкому признанию Береля как уникального археологического памятника мирового значения.

В развитии научного изучения и сохранения археологического комплекса стало создание Государственного историко-культурного музея-заповедника «Берел», который выполняет функции научно-исследовательского, культурно-просветительского и туристического центра. Развитие музея-заповедника связано с идеей сохранения культурного ландшафта и создания музея под открытым небом, включающего реконструкцию погребальных сооружений и формирование соответствующей музейно-туристической инфраструктуры.

Важным аспектом современного этапа изучения археологических памятников является их музеефикация, направленная на сохранение, интерпретацию и популяризацию объектов культурного наследия. В данном контексте представляется целесообразным рассмотреть Берельский археологический комплекс в сравнении с аналогичными курганными памятниками Евразии.

Сходные по культурно-историческим характеристикам памятники представлены, прежде всего, Пазырыкскими курганами Горного Алтая. Как и Берельский некрополь, они относятся к

пазырыкской культуре и отличаются уникальной сохранностью органических материалов, обусловленной наличием многолетней мерзлоты. Однако в отличие от Береля, где реализована концепция сохранения археологических объектов in situ, основная часть находок из Пазырыкских курганов экспонируется в музейных условиях, что обеспечивает их лучшую сохранность, но в меньшей степени позволяет передать аутентичность природного и культурного ландшафта.

Интерес представляет и опыт музеефикации курганных комплексов в Европе. Так, археологический памятник Саттон-Ху в Великобритании демонстрирует комплексный подход к интерпретации археологического наследия, включающий музейную экспозицию, реконструкции погребальных сооружений и развитую туристическую инфраструктуру. В данном случае акцент сделан на визуализации и доступности исторического материала для широкой аудитории.

Иной подход реализован в музее археологического комплекса Вергина в Греции, где курганы и погребальные сооружения размещены внутри специально созданного музейного пространства. Такая модель обеспечивает высокий уровень сохранности археологических объектов за счёт изоляции от внешних природных факторов, однако ограничивает восприятие памятника в его естественной среде.

Сравнительный анализ показывает, что Берельский археологический комплекс занимает промежуточное положение между различными моделями музеефикации. С одной стороны, он сохраняет природно-ландшафтный контекст, характерный для традиции музеев под открытым небом, с другой — нуждается в дальнейшем развитии музейной инфраструктуры, направленной на повышение уровня научной интерпретации и туристической привлекательности.

Опыт музеефикации Берельских курганов может рассматриваться как перспективная модель сохранения археологического наследия, сочетающая принципы аутентичности, научной достоверности и туристической доступности. В то же время сопоставление с зарубежными аналогами позволяет выявить направления дальнейшего совершенствования музейно-заповедной деятельности, включая развитие экспозиционных технологий, создание интерактивных форм представления материала и расширение культурно-образовательных программ.

Особое значение в развитии данного направления имеет природный и туристический потенциал региона. Берельский археологический комплекс расположен в живописной части Казахского Алтая, недалеко от санатория «Рахмановские ключи», известного своими уникальными радоновыми источниками. Дорога к санаторию проходит через территорию Берельской долины, что способствует увеличению туристического потока.

Природное богатство и уникальные ландшафты региона привлекают туристов не только из Казахстана, но и из ближнего и дальнего зарубежья. На территории региона проводится международный фестиваль «Белуха», собирающий туристов, альпинистов, представителей творческих профессий и любителей активного отдыха. В районе Берельской долины проходят туристические и конные маршруты, а также маршруты для сплавов по реке Бухтарме.

Берельский археологический комплекс обладает значительным научным, культурным и туристическим потенциалом. Развитие Государственного историко-культурного музея-заповедника «Берел» и формирование современной туристической инфраструктуры способствуют сохранению археологического наследия, развитию научных исследований и укреплению культурно-образовательного и экономического потенциала региона.

Целью настоящего исследования является анализ истории изучения Берельских курганов как уникального археологического комплекса древних кочевых культур Казахского Алтая, а также определение их значения в системе сохранения историко-культурного наследия и развития научного и культурного туризма региона.

Теоретическую основу исследования составляют научные труды в области археологии, истории древних кочевых обществ, музеологии и сохранения историко-культурного наследия. Существенное значение имеют также нормативно-правовые документы Республики Казахстан, регулирующие вопросы охраны археологических памятников и их использования в научных, образовательных и туристических целях.

Одним из ключевых понятий настоящего исследования является археологический памятник. В научной литературе археологические памятники рассматриваются как материальные свидетельства исторического прошлого, содержащие информацию о хозяйственной деятельности, социальной структуре и духовной культуре древних обществ. К числу таких памятников относятся древние поселения, курганы, могильники и другие археологические объекты, представляющие научную и культурную ценность [13].

Важным понятием является также объект историко-культурного наследия. Согласно законодательству Республики Казахстан, объектами историко-культурного наследия признаются памятники истории и культуры, обладающие исторической, научной или художественной ценностью и подлежащие государственной охране [1]. В соответствии с государственным списком памятников истории и культуры республиканского значения Берельские курганы относятся к числу особо охраняемых археологических объектов Казахстана [2].

Особое место в научных исследованиях занимает понятие археологического комплекса, которое используется для обозначения совокупности взаимосвязанных археологических объектов, расположенных на определённой территории и отражающих культурные процессы определённой исторической эпохи. На рисунке 1 представлен Берельский археологический комплекс, который представляет собой один из крупнейших некрополей древних кочевников Казахского Алтая и включает более 70 курганов и погребально-поминальных сооружений. По уточненным данным на данной территорий находятся более 70 курганов и других погребально-поминальных сооружений.

Рисунок 1 - Берел - комплекс захоронений V—IV веков до нашей эры, названный археологами «Долина царей»

В контексте изучения и сохранения археологических памятников особую значимость приобретает сравнительный анализ Берельского археологического комплекса с аналогичными курганными памятниками Евразии. Такой подход позволяет выявить его специфические черты, а также определить место Береля в системе археологического наследия древних кочевых культур.

Сходные по культурно-хронологическим характеристикам памятники представлены Пазырыкскими курганами Горного Алтая, относящимися к той же археологической традиции. Как и Берельский некрополь, они характеризуются уникальной сохранностью органических материалов, обусловленной наличием многолетней мерзлоты. Однако подходы к их музеефикации различаются: если в Береле реализуется концепция сохранения объектов in situ с элементами музейной интерпретации на месте раскопок, то в случае Пазырыкских курганов значительная часть археологических находок экспонируется в музейных учреждениях, что обеспечивает высокий уровень их сохранности, но снижает степень восприятия памятника в природном и культурном контексте.

Зарубежный опыт демонстрирует разнообразие подходов к музеефикации курганных комплексов. Так, археологический памятник Саттон-Ху в Великобритании представляет собой пример комплексной музеефикации, включающей музейную экспозицию, реконструкции погребальных сооружений и развитую туристическую инфраструктуру. Данный подход ориентирован на широкую аудиторию и предполагает активное использование современных средств визуализации исторического материала.

Иная модель реализована в археологическом комплексе Вергина в Греции, где курганы и погребальные сооружения помещены в специально созданное музейное пространство. Такая форма музеефикации обеспечивает максимальную сохранность объектов за счёт их изоляции от внешних воздействий, однако ограничивает возможность восприятия памятника в его естественной среде.

Сравнительный анализ показывает, что Берельский археологический комплекс сочетает элементы различных моделей музеефикации. С одной стороны, он сохраняет природно-ландшафтный контекст и аутентичность археологической среды, что сближает его с музеями под открытым небом. С другой стороны, уровень развития музейной инфраструктуры и интерпретации археологического материала требует дальнейшего совершенствования с учётом международного опыта.

Берельские курганы занимают особое место среди археологических памятников Евразии, представляя собой перспективную модель сохранения и музеефикации археологического наследия, основанную на принципах сохранения in situ, научной достоверности и интеграции в культурно-туристическое пространство региона.

В научной литературе большое внимание уделяется изучению культуры древних кочевых обществ Евразии. Значительный вклад в исследование Берельских курганов внесли казахстанские археологи. В работах З. С. Самашева рассматриваются результаты археологических раскопок, особенности погребальных сооружений и материальной культуры древних кочевников Казахского Алтая [3–5]. В исследованиях З. С. Самашева, Г. А. Базарбаевой и Г. С. Джумабековой представлены результаты изучения Берельского некрополя и анализ археологических материалов, полученных в ходе раскопок курганов [6].

Важное значение имеют также исследования, посвящённые вопросам сохранения и реставрации археологических находок. В работах К. Алтынбекова рассматриваются методы научной реконструкции и реставрации археологических артефактов, обнаруженных в Берельских курганах, что позволяет восстановить их первоначальный облик и использовать полученные материалы в музейной экспозиции [10; 11].

Отдельное направление исследований связано с проблемами музеефикации археологических памятников и их включения в культурно-туристическое пространство. В исследованиях Ж. К. Таймагамбетова и Е. М. Кариева рассматриваются современные подходы к сохранению археологических объектов и созданию музеев под открытым небом, позволяющих объединить научные исследования, музейную деятельность и туристическую инфраструктуру [8; 12].

Теоретическая база исследования включает научные концепции изучения археологических памятников, подходы к сохранению историко-культурного наследия и современные методы музеефикации археологических объектов. Использование данных подходов позволяет комплексно рассмотреть историю изучения Берельских курганов и определить их значение для развития археологической науки, сохранения культурного наследия и формирования туристического потенциала региона.

В исследовании использованы опубликованные и неопубликованные материалы, предоставленные руководителем археологической экспедиции Самашевым З. С. и реставратором Крым А., а также идеи и эскизные материалы автора проекта Агитаевой С. С.,

подготовленные по просьбе археологов и согласованные на выездной сессии депутатов парламента Республики Казахстан на объекте.

Материал исследования включал:

- обследование территории музея-заповедника «Берел»;
- визуальный осмотр археологического комплекса;
- фотосъёмку памятников и курганов;
- изучение и анализ большого массива литературных источников по вопросам сохранения и музеефикации курганных комплексов Евразийского континента, включая материалы Японии, Монголии, Великобритании и России.

В соответствии с заданием заказчика, основной задачей проекта являлась разработка комплекса мероприятий по реставрации и музеефикации кургана № 11 некрополя Берель. Основные работы включали реконструкцию кургана, создание условий для демонстрации внутренней структуры погребального сооружения, а также разработку концепции экспозиции, включая реконструкцию захоронений и внутреннего убранства с применением специализированных систем освещения.

При анализе существующей практики музефикации и реставрации учитывались современные подходы к сохранению культурного и исторического наследия, ориентированные на комплексную охрану объектов: материального (памятники архитектуры, курганы, оборонительные валы) и нематериального (традиции, ритуалы, культурный контекст). Особое внимание уделялось музеефикации in-situ, позволяющей демонстрировать памятник на месте его обнаружения, раскрывая историко-культурное и сакральное значение территории.

Для выбора оптимальной планировочной схемы маршрутов и обзорных площадок проведён сравнительный анализ аналогичных проектов музеефикации, включая подземный мавзолей Майхан-ул (Шатыртау, Монголия, 2012–2014 гг.) подробно показан на рисунке 2. Этот объект имеет коридор длиной 42 м, шириной 180–200 см и глубину залегания 8 м. Схема планировки и принципы оформления интерьера мавзолея оказались сопоставимы с концепцией музеефикации кургана № 11, что позволило подтвердить корректность предложенного подхода.

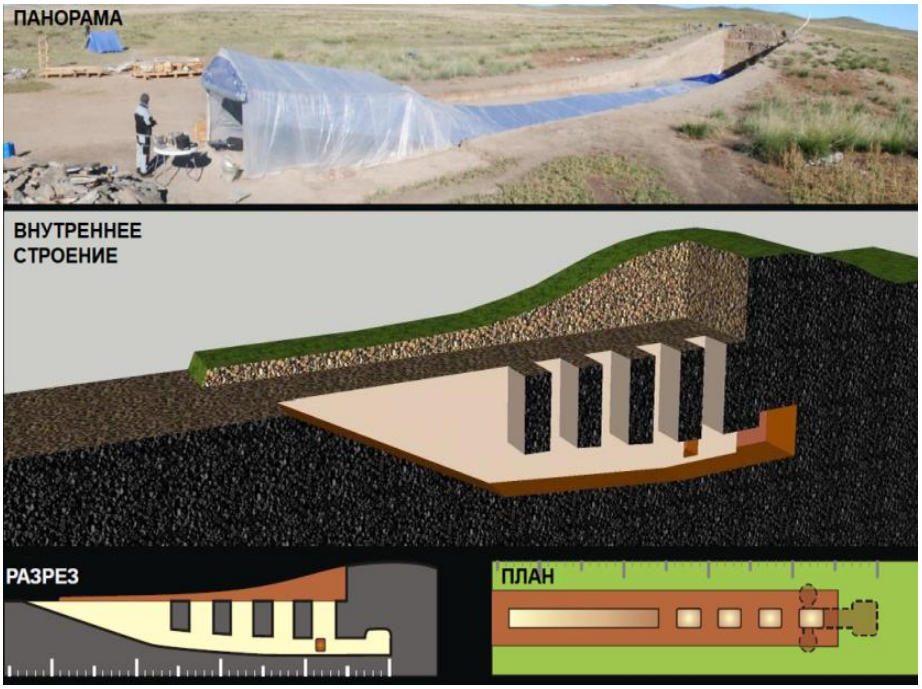


Рисунок 2 - Материалы археологических исследований кургана «Майхан уул» в Монголии

Таким образом, применённая методика сочетает традиционные археологические методы (обследование, визуальный осмотр, фотодокументирование) с современными принципами сохранения и демонстрации культурного наследия, обеспечивая научную достоверность реконструкции и высокий познавательный эффект для посетителей.

При проектировании музея-заповедника «Берел» авторы опирались на общую концепцию музеефикации и сохранения археологических памятников, разработанную на этапе эскизного проектирования. На рисунке 3 схематично показано организация туристического маршрута. Основные положения концепции включают:

- Музеефикация археологических памятников как оптимальный и действенный способ сохранения историко-культурного наследия;
- Музей под открытым небом, интегрированный с естественной средой существования памятника (ландшафт, флора, фауна), что позволяет объединять археологию с этнологией, антропологией, палеоботаникой и другими естественно-научными дисциплинами;
- Выявление историко-культурной значимости объектов и их интерпретация в рамках реконструкции древней истории региона, с особым акцентом на духовную, составляющую памятника;
- Целостность визуального восприятия комплекса, сохранение фонового ландшафта и топографии;
- Восстановление каменных поверхностей остальных курганов для создания презентабельного общего вида комплекса;
- Организация туристических маршрутов: пешеходные и конные маршруты, туристский пункт с беседками, навесами для лошадей и санитарной зоной, позволяющие посетителям ознакомиться с внутренним устройством курганного комплекса на примере кургана № 11;
- Минимальные архитектурные вмешательства в музейное пространство с сохранением исторического положения усыпальницы и уважением к духу предков.

Конструктивные решения курганного комплекса включают:

- Фундаменты — ленточные, толщиной 300 мм и шириной 1,4 м, из бетона класса В20;
- Стены подземного сооружения — из цементно-песчаных блоков марки 75 на растворе марки 100, толщиной 400 мм, усилены контрфорсами;
- Колонны усыпальницы — монолитные железобетонные, сечением 40×40 см;
- Купол усыпальницы — железобетонная плита толщиной 200 мм, армированная кольцевой и радиальной арматурой;
- Применение сборных и готовых элементов для упрощения монтажа на труднодоступной территории.

Проект предусматривает создание экскурсионной схемы с круговым движением, где спуск в усыпальницу позволяет рассмотреть захоронение на уровне исторического расположения. Входная группа замаскирована посадками низкорослых кустарников и деревьев местных пород, выступающих на 1,8 м над уровнем земли, что обеспечивает гармоничное сочетание архитектуры и природного ландшафта.

Разработанный проект демонстрирует комплексный подход к сохранению археологического наследия: сочетание научной реставрации, минимального вмешательства в среду, образовательного и туристического потенциала, а также интеграции исторического объекта в современную инфраструктуру культурного туризма.

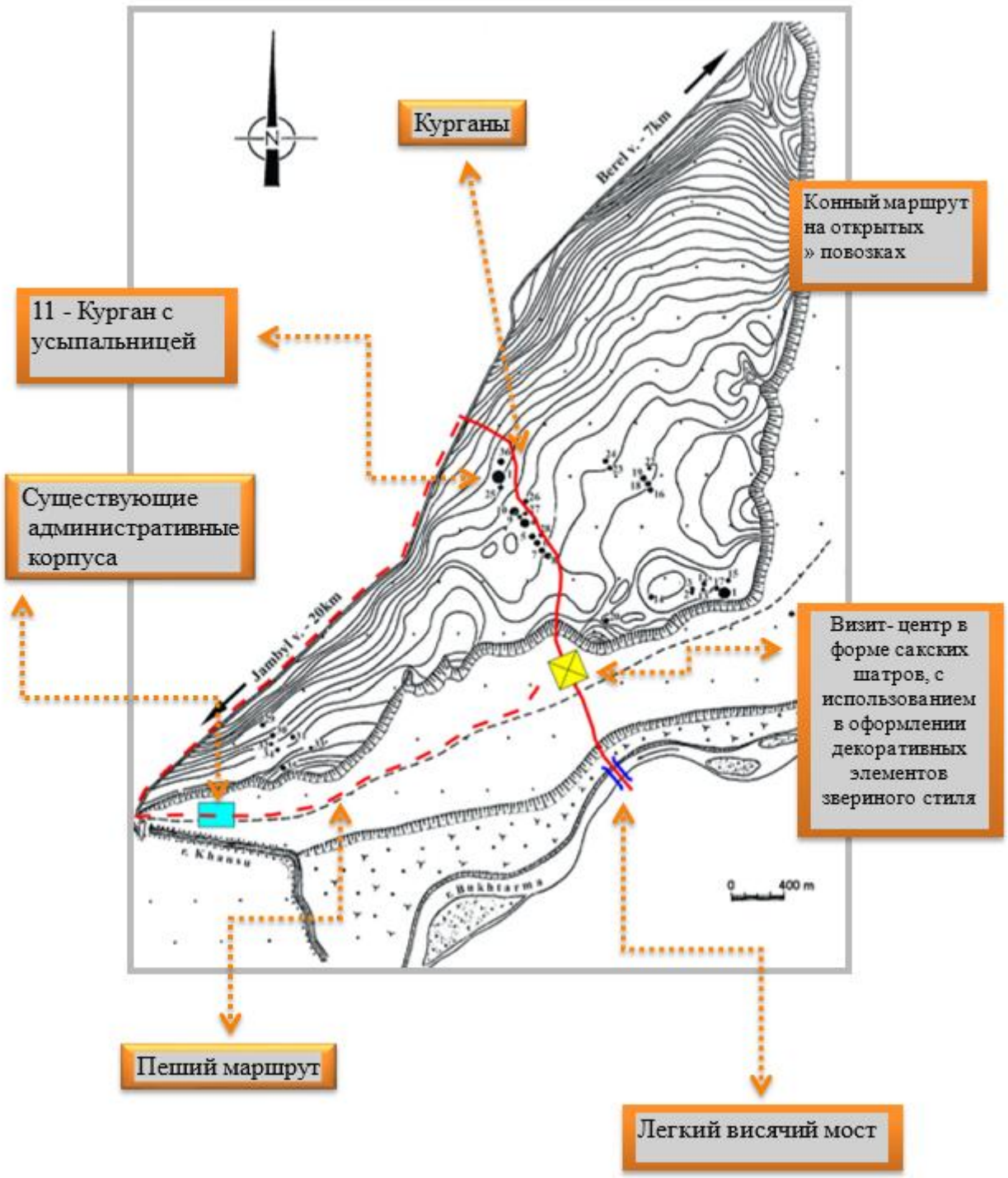


Рисунок 3 - Схема организации туристического маршрута

Результаты проектирования музея-заповедника «Берел» подтверждают положения научной литературы, посвящённой сохранению археологического и культурного наследия. В частности, концепция музеефикации in-situ, реализованная на кургане № 11, подтверждает, что сохранение историко-культурных характеристик объекта является ключевым условием его образовательного, научного и туристического использования.

Сходные выводы отмечались в исследованиях зарубежных и отечественных специалистов по реставрации археологических памятников, где подчеркивается необходимость комплексного подхода к сохранению материального и нематериального наследия, включая духовные и социальные функции объекта. В нашем исследовании данный подход реализован через

интеграцию археологического комплекса с туристическими маршрутами, обзорными площадками и образовательными зонами, что обеспечивает гармоничное сочетание реконструированных курганов с окружающим ландшафтом.

Результаты исследования также подтверждают значимость историко-культурного наследия как элемента формирования культурной идентичности региона и повышения туристической привлекательности территории. Разработка музейного пространства с минимальными архитектурными вмешательствами, включая подземную усыпальницу и её визуальное раскрытие для посетителей, демонстрирует, что сохранение духовной и функциональной составляющей памятника возможно при одновременной адаптации объекта для научного и туристического использования.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенной модели музеефикации и интеграции археологических памятников при разработке реставрационных проектов других курганных комплексов региона. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка детальных архитектурно-градостроительных решений по адаптации отдельных объектов культурного наследия Казахского Алтая с учетом туристических и образовательных функций.

Проведённое исследование показало, что Берельский курганный комплекс является уникальным археологическим памятником, обладающим значительной историко-культурной ценностью и высоким потенциалом для развития научного и культурного туризма. Разработанная модель реставрации и музеефикации кургана № 11 демонстрирует возможность сохранения материального и нематериального наследия, включая духовные и ритуальные аспекты, при минимальном вмешательстве в историческую среду. При этом реализуемая на территории комплекса концепция сохранения археологических объектов in situ позволяет обеспечить аутентичность культурного ландшафта и целостность восприятия памятника.

Сравнительный анализ с аналогичными курганными памятниками Евразии показал, что Берельский археологический комплекс занимает особое место среди них. В отличие от Пазырыкских курганов, где основное внимание уделяется музейному хранению и экспонированию находок вне их первоначального контекста, Берель сохраняет археологические объекты в естественной среде. В то же время, по сравнению с такими объектами, как Саттон-Ху в Великобритании и Вергина в Греции, характеризующимися высоким уровнем музейной интерпретации и развитой инфраструктурой, Берельский комплекс обладает значительным потенциалом для дальнейшего совершенствования экспозиционных и туристических решений.

Интеграция комплекса в современную туристическую инфраструктуру создаёт условия для формирования образовательного, культурного и экологического туризма, привлекает посетителей из различных регионов и способствует развитию смежных отраслей — местных промыслов, сферы обслуживания и научно-исследовательских проектов. Практическая значимость исследования подтверждается возможностью применения его результатов при разработке музейных экспозиций, совершенствовании подходов к музеефикации археологических памятников, сохранении историко-культурного наследия и продвижении туристических маршрутов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является развитие комплексных моделей музеефикации, сочетающих принципы сохранения in situ с современными технологиями музейной интерпретации, включая цифровые реконструкции и интерактивные формы представления археологического материала. Особое значение имеет разработка архитектурно-градостроительных решений для адаптации объектов культурного наследия к современным условиям использования, а также создание интегрированных туристических маршрутов, объединяющих археологические, природные и культурные ресурсы Восточного Казахстана. Полученные результаты могут быть использованы при планировании реставрационных проектов, разработке туристических программ и формировании эффективной политики сохранения историко-культурного наследия на региональном и национальном уровнях.

Список литературы

1. Закон Республики Казахстан «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» (с изменениями и дополнениями на 2025 год) [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://adilet.zan.kz

2. (дата обращения: 10.03.2026).

3. Государственный список памятников истории и культуры республиканского значения Республики Казахстан (актуальная редакция 2025 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://adilet.zan.kz (дата обращения: 10.03.2026).

4. Самашев, З. С. Берел [Текст] / З. С. Самашев. – Алматы: Институт археологии им. А. Х. Маргулана, 2011. – 236 с.

5. Самашев, З. С. Берел. Тридцать шестой курган. Материалы и исследования по археологии Казахстана [Текст] / З. С. Самашев. – Алматы: Институт археологии им. А. Х. Маргулана, 2015. – Т. XIII. – 280 с.

6. Самашев, З. С. Древнее золото Казахстана [Текст] / З. С. Самашев. – Алматы: Дайк-Пресс, 2003. – 320 с.

7. Самашев, З. С., Базарбаева, Г. А., Джумабекова, Г. С. Берельские курганы Казахского Алтая [Текст] / З. С. Самашев, Г. А. Базарбаева, Г. С. Джумабекова // Казахская культура: исследования и поиски. – Алматы, 2000. – С. 145–158.

8. Самашев, З. С., Чотбаев, А., Кариев, Е. и др. Берел в истории и культуре древних кочевников Казахского Алтая [Текст] / З. С. Самашев, А. Чотбаев, Е. Кариев. – Астана: Фолиант, 2018. – 264 с.

9. Кариев, Е. М. Study, preservation and museumification of the Berel necropolis monuments at the present stage [Текст] / Е. М. Кариев // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2021. – № 2. – С. 45–52.

10. Джумабекова, Г. С., Нурпеисов, М., Чотбаев, А. Музеефикация курганного некрополя (опыт Береля и Бурундая) [Текст] / Г. С. Джумабекова, М. Нурпеисов, А. Чотбаев // Материалы НИПИ МК РК. – Алматы, 2019. – С. 78–86.

11. Алтынбеков, К. Возрожденные сокровища Казахстана: опыт научной реставрации [Текст] / К. Алтынбеков. – Алматы: Остров Крым, 2014. – 240 с.

12. Алтынбеков, К. Реконструкция воссоздает первоначальный облик памятника: опыт кургана №11 могильника Берел [Текст]: дис. … д-ра философии (PhD) / К. Алтынбеков. – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2025. – 198 с.Мухин В. Г. Город Уральск: исторический очерк (1613–1917 гг.). – Уральск, 2013.

13. Таймагамбетов, Ж. К. Музеи по периметру Алтая: инновационные концепты памяти [Электронный ресурс] / Ж. К. Таймагамбетов // КиберЛенинка. – 2017. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru (дата обращения: 10.03.2026).

14. Байпаков, К. М. Археология Казахстана [Текст] / К. М. Байпаков. – Алматы: Экономика, 2006. – 480 с.

15. Самашев, З. С., Кариев, Е. М. О некоторых новых хунно-сяньбэйских погребениях Береля [Текст] / З. С. Самашев, Е. М. Кариев // Археология Казахстана. – 2024. – № 1. – С. 52–64.

УДК 72.025.3(575.2)

Ж.Д. Ахметова, **Н.С. Каткова**
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

Zh. D. Akhmetova, N.S. Katkova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
achacha@mail.com, zhanat.ahmetova@mail.ru

ИНТЕГРАЦИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В СОВРЕМЕННУЮ ГОРОДСКУЮ СРЕДУ: НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УРАЛЬСК

МАДАНИЙ МУРАС ОБЪЕКТИСИН УРАЛЬСК ШААРЫНЫН МИСАЛЫНДА ЗАМАНБАП ШААРДЫК ЧӨЙРӨГӨ ИНТЕГРАЦИЯЛОО

INTEGRATING A CULTURAL HERITAGE SITE INTO THE MODERN URBAN ENVIRONMENT: THE CASE OF THE CITY OF URALSK

Макалада маданий мурас объектилерин заманбап шаар чөйрөсүнө интеграциялоо маселелери каралат. Архитектуралык эстеликтердин тарыхый-маданий баалуулугун сактоонун негизги принциптери шаардын иштешинин заманбап шарттарына ылайыкташтырылып талданат. Тарыхый курулуштарды жана жаңы архитектуралык чечимдерди шайкеш айкалыштыруу маселелерине, ошондой эле шаардын өзгөчөлүгүн жана аймактын туристтик жагымдуулугун калыптандырууда маданий мурас объекттеринин ролуна өзгөчө көңүл бурулат. Учурдагы ыкмаларды талдоонун негизинде азыркы урбанизация шартында тарыхый имараттарды натыйжалуу пайдалануунун мүмкүн болгон жолдору каралат.

Түйүндүү сөздөр: *маданий мурас, тарыхый өнүгүү, шаардык чөйрө, архитектуралык интеграция, эстеликтерди сактоо, реставрация, адаптивдүү пайдалануу.*

В статье рассматриваются вопросы интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду. Анализируются основные принципы сохранения историко-культурной ценности архитектурных памятников при их адаптации к современным условиям функционирования города. Особое внимание уделяется вопросам гармоничного сочетания исторической застройки и новых архитектурных решений, а также роли объектов культурного наследия в формировании городской идентичности и туристической привлекательности территории. На основе анализа существующих подходов рассматриваются возможные пути эффективного использования исторических зданий в условиях современной урбанизации.

Ключевые слова: *культурное наследие, историческая застройка, городская среда, архитектурная интеграция, сохранение памятников, реставрация, адаптивное использование.*

The article discusses issues related to the integration of cultural heritage sites into the modern urban environment. It analyses the basic principles of preserving the historical and cultural value of architectural monuments while adapting them to the modern conditions of city life. Particular attention is paid to the harmonious combination of historical buildings and new architectural solutions, as well as the role of cultural heritage sites in shaping urban identity and the tourist appeal of the area. Based on an analysis of existing approaches, possible ways of effectively using historical buildings in the context of modern urbanisation are considered.

Key words: *cultural heritage, historic buildings, urban environment, architectural integration, preservation of monuments, restoration, adaptive reuse.*

Исследование направлено на разработку подходов к интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду с целью сохранения их историко-архитектурной ценности и обеспечения функциональной адаптации.

Анализ научной литературы показывает, что проблема сохранения и адаптивного использования исторических зданий активно изучается, однако целостного системного подхода к их интеграции в современный город пока недостаточно разработано.

В Республике Казахстан правовые основы охраны наследия закреплены в законах «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» и «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности». На международном уровне ключевыми документами являются Венецианская хартия и Конвенция ЮНЕСКО об охране всемирного наследия.

Научные исследования подчеркивают значение архитектурного наследия как элемента культурной идентичности и городской среды. Рассматриваются вопросы исторического развития городов, реставрации, реконструкции и адаптации зданий, а также взаимодействия исторической застройки с современной архитектурой.

Несмотря на широкий спектр исследований, большинство из них затрагивает лишь отдельные аспекты проблемы, что обуславливает необходимость разработки комплексного и научно обоснованного подхода к интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду.

Целью настоящего исследования является обоснование и разработка научно-методических подходов к интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду. Исследование направлено на обеспечение сохранения историко-архитектурной ценности зданий при их функциональной адаптации и устойчивом использовании в структуре современного города.

В качестве теоретической основы работы используются научные труды в области архитектуры, градостроительства, реставрации и охраны историко-культурного наследия, а также нормативно-правовые и международные документы, регулирующие вопросы сохранения и использования памятников истории и архитектуры. Важное значение для исследования имеет также понятие **архитектурно-исторической среды**, под которой понимается совокупность исторически сформировавшихся архитектурных объектов, пространственных структур и градостроительных элементов, формирующих уникальный облик города. Как отмечают Т. Ф. Пруцын и соавторы, архитектурно-историческая среда представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов, сохранение которой требует комплексного научного подхода [11]. Стремление сберечь присущую городу индивидуальность особенно ярко проявилось в реконструкции площади Старого рынка и новом строительстве на прилегающих к ней участках как показано на рисунке 1. Новые здания главного почтамта, гостиницы «Штадт Лейпциг», Управления химических предприятий и другие составили спокойный нейтральный фон для уникальных памятников архитектуры, в том числе для великолепного произведения архитектуры Ренессанса — городской Ратуши.

Рисунок 1 - Лейпциг. Реконструированная площадь Старого Рынка с восстановленным зданием Ратуши и новыми административными сооружениями

Аналогичный подход актуален и для города Уральска, где историческая застройка также играет важную роль в формировании архитектурного облика. Однако в отличие от приведённого примера, в Уральске вопросы интеграции новых объектов в сложившуюся историческую среду решаются менее последовательно, что нередко приводит к нарушению визуальной целостности и утрате части культурной идентичности. Это подчеркивает необходимость применения комплексного подхода к реконструкции и новому строительству, при котором современные здания должны учитывать масштаб, композицию и исторический контекст окружающей застройки, формируя гармоничную городскую среду.

В городе Уральске подобный подход можно проследить на примере застройки в районе проспекта Достык (бывшая центральная историческая улица), где сохранились здания конца XIX — начала XX века. Ряд реконструированных объектов и новых зданий стремится учитывать масштаб и ритм исторической застройки, однако в отдельных случаях современное строительство контрастирует с окружающей средой по высотности и стилистике. Это демонстрирует, что при отсутствии единой методики интеграции нарушается целостность архитектурно-исторической среды. В связи с этим для Уральска особенно актуально применение комплексного подхода, при котором новое строительство должно гармонично вписываться в исторический контекст и подчеркивать ценность существующего наследия.

Рисунок 2 - Застройка проспекта Достык в Уральске демонстрирует конфликт между историческим наследием (конец XIX — начало XX вв.) и современной архитектурой

Одним из центральных понятий исследования является **интеграция объекта культурного наследия в современную городскую среду**. В научной литературе данный процесс рассматривается как совокупность мероприятий, направленных на сохранение исторической ценности здания при его адаптации к современным функциональным и социальным условиям. По мнению Р. Г. Людмирской, интеграция исторических объектов предполагает гармоничное сочетание процессов реставрации, реконструкции и функциональной адаптации зданий в структуре современного города [9].

Теоретические основы сохранения архитектурного наследия во многом сформированы международными документами. В частности, в Венецианской хартии подчеркивается необходимость сохранения исторической подлинности памятников архитектуры и недопустимость их искажения при проведении реставрационных работ [3]. В свою очередь, Конвенция ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия определяет культурное наследие как важную часть мировой культуры и подчеркивает необходимость его сохранения для будущих поколений [4].

Важный вклад в развитие теории реставрации внесли исследования Е. В. Михайловского, который рассматривал реставрацию как научно обоснованный процесс сохранения историко-художественной ценности архитектурных памятников [10]. В его работах отмечается, что реставрация должна основываться на принципах исторической достоверности и минимального вмешательства в оригинальную структуру здания.

Вопросы развития архитектуры Казахстана и сохранения национального архитектурного наследия рассматриваются в работах К. И. Самойлова и Э. М. Байтенова. Исследователи отмечают, что архитектурное наследие является важным элементом культурной идентичности общества и требует комплексного научного подхода к его сохранению и использованию [7; 8].

Значительный вклад в изучение историко-архитектурного наследия Казахстана внесла Е. Г. Малиновская, которая рассматривает памятники архитектуры как важный элемент культурной памяти общества и подчеркивает необходимость их сохранения в условиях современной урбанизации [6].

Теоретическая основа исследования базируется на комплексном подходе, объединяющем положения архитектурной теории, градостроительства, реставрации и международных принципов охраны культурного наследия. Использование данных теоретических положений позволяет сформировать научно обоснованные подходы к интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду.

Материалом исследования послужили нормативно-правовые документы, научные публикации в области архитектуры, градостроительства и реставрации объектов культурного наследия, а также историко-архивные материалы, характеризующие развитие городской застройки города Уральска. В качестве источников информации были использованы законодательные акты Республики Казахстан, международные документы по охране культурного наследия, научные монографии и статьи, посвящённые вопросам сохранения архитектурного наследия и реконструкции исторической городской среды [1,6,9].

Дополнительным материалом исследования стали историко-архитектурные сведения о зданиях города Уральска, представленные в научных изданиях и архивных источниках, а также данные о существующих объектах историко-культурного наследия Западно-Казахстанской области [5, 12,13]. Использование данных источников позволило проследить особенности формирования исторической застройки города и определить значение отдельных архитектурных объектов в структуре городской среды.

Методологическую основу исследования составил комплексный междисциплинарный подход, объединяющий методы архитектурного, исторического и градостроительного анализа. Такой подход позволяет рассматривать объект культурного наследия не только как отдельное архитектурное сооружение, но и как элемент исторически сложившейся городской среды.

В процессе исследования были применены следующие методы:

- анализ научной литературы и нормативно-правовых документов, позволивший определить теоретические и правовые основы сохранения объектов культурного наследия;

- историко-архитектурный анализ, направленный на изучение этапов формирования городской застройки и архитектурных особенностей исследуемого объекта;

- градостроительный анализ, позволивший определить роль объекта культурного наследия в структуре современной городской среды;

- сравнительный метод, использованный для сопоставления различных подходов к сохранению и адаптации исторических зданий;

- графический анализ, применяемый для визуализации взаимосвязей между объектом культурного наследия и элементами городской инфраструктуры.

Общая схема исследования включала несколько этапов. На первом этапе проводился анализ научной литературы и нормативных документов, посвящённых вопросам охраны и использования объектов культурного наследия. На втором этапе осуществлялось изучение историко-архитектурных особенностей городской застройки Уральска и исследуемого объекта. На заключительном этапе выполнялся градостроительный и графический анализ, направленный на выявление возможностей интеграции объекта культурного наследия в современную городскую среду.

Применение указанных методов позволило комплексно рассмотреть проблему сохранения и адаптации исторических зданий и сформировать научно обоснованные подходы к их интеграции в структуру современного города.

В ходе исследования были проанализированы нормативно-правовые документы, научные источники и историко-архитектурные материалы, характеризующие особенности сохранения и использования объектов культурного наследия в структуре современного города. Проведённый анализ позволил определить основные факторы, влияющие на процесс интеграции исторических зданий в современную городскую среду.

Результаты исследования показывают, что эффективная интеграция объектов культурного наследия зависит от совокупности архитектурных, градостроительных и социально-культурных факторов. Их систематизация позволила выделить ключевые направления сохранения и адаптации исторических зданий, показанной в таблице.

Таблица 1 – Основные факторы интеграции объектов культурного наследия в современную городскую среду

Группа факторов	**Основные характеристики**	**Результат интеграции**
Архитектурные	сохранение исторического облика здания, реставрация фасадов, сохранение конструктивных элементов	сохранение историко-архитектурной ценности
Градостроительные	включение объекта в структуру городской застройки, транспортная доступность, функциональная связь с городской инфраструктурой	гармоничное взаимодействие исторической и современной застройки
Социально-культурные	культурная значимость объекта, общественное использование, туристическая привлекательность	повышение культурной и общественной роли исторически зданий

Анализ историко-архитектурных особенностей города Уральска показал, что значительная часть объектов культурного наследия расположена в центральной исторической

части города. Данные здания формируют архитектурный облик исторической среды и играют важную роль в структуре городской застройки.

Проведённый графический анализ показал, что наибольшее влияние на процесс интеграции исторических объектов оказывают архитектурные и градостроительные факторы. Их совокупное влияние составляет около 68,0 ± 2,5 %, тогда как социально-культурные факторы составляют 32,0 ± 1,8 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что сохранение историко-архитектурных характеристик зданий является ключевым условием их успешной интеграции в современную городскую среду.

В результате исследования была разработана обобщённая модель интеграции объекта культурного наследия, включающая три взаимосвязанных этапа: сохранение историко-архитектурной ценности объекта, функциональную адаптацию здания и включение объекта в структуру современной городской инфраструктуры. Следующий рисунок 3 подробно отображает модель.

Данная модель иллюстрирует три ключевых этапа интеграции объекта культурного наследия:

- Сохранение историко-архитектурной ценности - включает реставрацию и консервацию здания.

- Функциональная адаптация - приспособление здания к современным нуждам (музей, школа, культурный центр).

- Включение в структуру современной городской инфраструктуры - гармоничная интеграция объекта в городскую среду, создание связей с транспортом и общественными пространствами.

Модель позволяет визуально отобразить процесс интеграции, показать взаимосвязь этапов и подчеркнуть конечную цель - устойчивое развитие городской среды.

Рисунок 3 – Обобщённая модель интеграции объекта культурного наследия

Полученные результаты подтверждают положения, представленные в научной литературе, посвящённой вопросам сохранения архитектурного наследия. В частности, Е. В. Михайловский рассматривал реставрацию памятников архитектуры как научно обоснованный процесс, направленный на сохранение исторической ценности архитектурных объектов [10]. Результаты настоящего исследования также показывают, что сохранение историко-архитектурных характеристик здания является ключевым условием его дальнейшего использования.

Сходные выводы представлены в работах Р. Г. Людмирской, которая отмечает необходимость комплексного подхода к реконструкции объектов градостроительного наследия и их адаптации к современным условиям эксплуатации [9]. В проведённом исследовании данный подход подтверждается выявленной взаимосвязью архитектурных и градостроительных факторов интеграции исторических зданий.

Исследования К. И. Самойлова и Э. М. Байтенова также подчеркивают значение архитектурного наследия как важного элемента культурной идентичности общества и исторической городской среды [7; 8]. Полученные результаты подтверждают данные положения и показывают, что сохранение исторических зданий способствует поддержанию культурной и исторической целостности городской среды.

В работе Е. Г. Малиновской отмечается, что объекты архитектурного наследия выполняют не только историко-культурную, но и социальную функцию, формируя общественные пространства и повышая туристическую привлекательность города [6]. Результаты настоящего исследования также показывают значительную роль социально-культурных факторов в процессе интеграции исторических зданий.

Таким образом, проведённый анализ подтверждает, что интеграция объектов культурного наследия в современную городскую среду является комплексным процессом, включающим архитектурные, градостроительные и социально-культурные аспекты. Полученные результаты имеют практическое значение для разработки проектов реставрации и адаптации исторических зданий, а также могут быть использованы при формировании программ сохранения историко-архитектурного наследия городов.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенной модели интеграции при разработке проектов реконструкции исторических зданий и планировании развития исторических территорий. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка конкретных архитектурно-градостроительных решений по адаптации отдельных объектов культурного наследия города Уральска к современным условиям использования.

Проведённый анализ литературы показал, что вопросы сохранения и адаптации объектов культурного наследия рассматриваются с архитектурной, градостроительной, культурной и социальной позиций. Однако большинство исследований носит фрагментарный характер и не формирует целостной методики интеграции исторических зданий в современную городскую среду.

В рамках исследования предложена обобщённая модель интеграции объектов культурного наследия, включающая три взаимосвязанных этапа: сохранение историко-архитектурной ценности (консервация и реставрация), функциональная адаптация объекта и его включение в современную городскую инфраструктуру.

Научная новизна работы заключается в систематизации разрозненных подходов и формировании последовательной модели интеграции, учитывающей не только архитектурные и функциональные параметры, но и градостроительный контекст, а также социальную востребованность объекта. В отличие от существующих исследований, предложенный подход ориентирован на комплексное взаимодействие всех этапов, что позволяет рассматривать объект культурного наследия как активный элемент городской среды, а не изолированный исторический

элемент.

Дополнительно обоснована необходимость учета локальной специфики городской среды (на примере Уральска), что позволяет адаптировать универсальную модель к условиям конкретного города и повысить эффективность её практического применения.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенной модели при разработке проектов реставрации и адаптации исторических объектов, а также в градостроительном планировании. Это способствует не только сохранению культурного наследия, но и повышению его роли в формировании устойчивой и идентичной городской среды.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой прикладных методик для различных типов объектов, внедрением критериев оценки эффективности интеграции и использованием цифровых технологий для моделирования взаимодействия исторической и современной застройки.

Список литературы

1. Закон Республики Казахстан «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» от 26 декабря 2019 года № 288-VI (с изм. и доп. по состоянию на 15.03.2025 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://adilet.zan.kz (дата обращения: 10.03.2026).
2. Закон Республики Казахстан «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://adilet.zan.kz (дата обращения: 10.03.2026).
3. Международная хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венецианская хартия). – Венеция, 1964. – 16 с.
4. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия. – Париж: ЮНЕСКО, 1972. – 14 с.
5. Свод памятников истории и культуры Республики Казахстан. Западно-Казахстанская область / под ред. Б. Г. Аягана. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2010. – 528 с.
6. Малиновская Е. Г. Историко-культурное наследие архитектуры Казахстана: монография. – Алматы, 2012. – 312 с.
7. Самойлов К. И. Архитектура Казахстана XX века: развитие архитектурно-художественных форм. – Алматы; Москва: Наука, 2004. – 256 с.
8. Байтенов Э. М. Теория и история архитектуры Казахстана. – Алматы, 2005. – 300 с.
9. Людмирская Р. Г. Реконструкция объектов градостроительного наследия: учебное пособие. – Алматы, 2018. – 220 с.
10. Михайловский Е. В. Реставрация памятников архитектуры: развитие теоретических концепций. – Москва, 1971. – 180 с.
11. Пруцын Т. Ф., Раппопорт П. А., Борисова Е. А. Архитектурно-историческая среда. – Москва: Стройиздат, 1990. – 240 с.
12. Мухин В. Г. Город Уральск: исторический очерк (1613–1917 гг.). – Уральск, 2013. – 400 с.
13. Кутищев В. В. Храм славы. Здания Уральска. – Уральск, 2010. – 180 с.
14. Дубровская Л. В. Опыт научной реставрации и консервации памятников истории и культуры в Центральной Азии. – Алматы: МИЦАИ, 2020. – 260 с.

УДК 625.712.63 (575.2-25)

Е.Д. Воробьева, Т.С. Кенешов
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.D. Vorobeva, T.S. Keneshov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
tkeneshov@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРКОВКИ АВТОТРАНСПОРТА В МИКРОРАЙОНЕ № 5 ГОРОДА БИШКЕК С ПОЗИЦИИ ЖИТЕЛЕЙ

БИШКЕК ШААРЫНЫН 5-КИЧИ РАЙОНУНДА АВТОТРАНСПОРТ ҮЧҮН ПАРКИНГДИ УЮШТУРУУ: ТУРГУНДАРДЫН КӨЗ КАРАШЫНЫН НЕГИЗИНДЕ

ORGANIZATION OF PARKING IN MICRODISTRICT 5 OF BISHKEK FROM THE RESIDENT'S POSITION

Бул макалада Бишкек шаарынын 5-кичи районунда автотранспортту жайгаштыруу маселеси тургундардын күнүмдүк тажрыйбасын эске алуу менен каралат. Изилдөөдө кичи райондун тургундары арасында жүргүзүлгөн сурамжылоонун жыйынтыктарынын негизинде талдоо жүргүзүлөт. Тыгыз турак жай курулушунун шарттарында короо аймактарын пайдаланууну өзгөчөлүктөрү жана унаа токтотуучу жайлардын учурдагы уюштурулушу сүрөттөлөт. Ошондой эле колдонуудагы нормативдик талаптарды сактоо маселелерине жана алардын практика жүзүндө ишке ашырылышына өзгөчө көңүл бурулат. Мындан тышкары, тургундардын унаа токтотуучу мейкиндикти уюштуруунун ар кандай варианттарына жана чектеш аймактарды өнүктүрүүгө болгон мамилеси каралат.

***Түйүндүү сөздөр**: унаа токтотуучу жай, автотранспорт, короо аймактары, унаа токтотуучу мейкиндик, транспорттук инфраструктура, социологиялык сурамжылоо.*

В статье рассматривается ситуация с размещением автотранспорта в микрорайоне №5 города Бишкек с учётом повседневного опыта жителей. Проводится анализ на основе анкетирования жителей микрорайона. Описываются особенности использования дворовых территорий и существующая организация парковочного пространства в условиях плотной жилой застройки. Отдельное внимание уделяется вопросам соблюдения действующих нормативных требований и их реализации на практике. Также рассматривается отношение жителей к различным вариантам организации парковочного пространства и развитию прилегающих территорий.

***Ключевые слова**: парковка, автотранспорт, дворовые территории, парковочное пространство, транспортная инфраструктура, социологический опрос.*

This article examines the parking situation in Micro district No. 5 in Bishkek, taking into account the daily experiences of residents. The analysis is based on a survey of residents. It describes the use of courtyard spaces and the current organization of parking in a dense residential area. Particular attention is paid to compliance with current regulations and their practical implementation. Residents' attitudes toward various parking arrangements and the development of adjacent areas are also examined.

***Key words**: parking, motor vehicles, courtyard areas, parking space, transport infrastructure, sociological survey.*

В условиях стремительного роста уровня автомобилизации в городах мирового сообщества проблема организации парковочного пространства для автомашин становится одной из наиболее острых. Город Бишкек, как столица Кыргызстана, не является исключением. Имеющиеся проблемы в крупнейшем городе страны требуют тщательного изучения и проведения научного анализа по данной проблеме. Особенно в качестве характерного примера такая проблема проявляется в густонаселённых жилых районах, таких как микрорайон №5.

«Пятый» микрорайон характеризуется высокой плотностью застройки, ограниченным пространством и устаревшей инфраструктурой, которая не рассчитана на современное количество автомобилей. В результате возникает дефицит парковочных мест, что негативно влияет на комфорт проживания граждан. В микрорайоне №5 города Бишкек в последние годы заметно увеличилось количество личных автомобилей, что особенно ощутимо в вечернее время, когда большинство жителей возвращаются домой. Дворовые территории, изначально рассчитанные на значительно меньшее число транспортных средств, оказываются перегруженными, и свободные парковочные места практически отсутствуют. В результате автомобили размещаются на тротуарах, вдоль проездов, на газонах и вблизи подъездов. Такая ситуация затрудняет передвижение пешеходов, ограничивает доступ к жилым зданиям и снижает уровень безопасности, в том числе для детей и пожилых людей. Нередко возникают сложности с проездом специализированного транспорта, включая машины скорой помощи и пожарные службы.

Повседневный дефицит парковочных мест становится частью жизни жителей микрорайона, влияя на их поведенческие практики и взаимодействие друг с другом. Взаимные претензии, споры за место и необходимость тратить дополнительное время на поиск парковки формируют напряжённую атмосферу в жилой среде. При этом существующая организация пространства не предлагает устойчивых и удобных решений, способных учесть реальные потребности населения. Всё это также усугубляется изменением правил аренды пространств для гаражных кооперативов или платных парковок. Например, территория вдоль улицы Шопена несколько лет исправно разгружавшая несколько лет часть 5го микрорайона, весной 2025го года была закрыта на стройку якобы нового многоуровневого паркинга, с осени 2026 года стройка прекращена, а теперь туда перенесли блошиный рынок, базирующийся ранее в районе Ортосайского рынка и вдоль пешеходных путей на ул. Карла Маркса.

Проблемы организации парковочного пространства являются характерными не только для развивающихся, но и для развитых стран. Согласно исследованиям в области транспортного планирования, ключевой причиной затруднений выступает несоответствие между спросом на парковочные места и их фактическим предложением, вызванное ростом автомобилизации и ограниченностью городской территории. Данный дисбаланс приводит к перегрузке улично-дорожной сети, увеличению времени поиска парковки и ухудшению экологической ситуации. Отмечают в одном из информационных каналах Counter Currents [4].

Одним из характерных примеров является ситуация в крупных городах США. Исследования показывают, что во многих мегаполисах отсутствует точная информация о количестве и распределении парковочных мест, а управление ими осуществляется разрозненными структурами. Это затрудняет эффективное планирование и контроль, что приводит к нерациональному использованию пространства и росту транспортных заторов. Одним из препятствий на пути к удовлетворительному качеству парковочных мест, автор статьи, опубликованной на Sage Journals, считает недостаточный или не качественный мониторинг ситуации со стороны властей и местного самоуправления. Кроме того, водители тратят значительное время на поиск парковки, что увеличивает так называемый «круизинг» — дополнительное движение транспорта по улицам, создающее пробки и выбросы загрязняющих веществ [6].

В городах Австралии, например в Брисбене, наблюдается явление «перетекания» парковочного спроса из центральных зон в жилые районы. Во время массовых мероприятий или высокой нагрузки на общественные пространства автомобили заполняют прилегающие

кварталы, занимая уличные парковочные места и нарушая привычную среду проживания местных жителей. Похожую ситуацию можно заметить в микрорайоне №5, из-за расположенной близ мечети во время пятничного намаза.

Схожие проблемы фиксируются и в странах Азии. В индонезийских городах, таких как Паданг, отмечается слабый контроль за парковочной деятельностью, недостаток официальных парковочных мест и распространение несанкционированных парковщиков. В результате формируется неэффективная система, при которой правила фактически не соблюдаются, а управление носит фрагментарный характер. Это снижает доверие к системе регулирования и усугубляет хаотичность размещения транспорта.

Отдельного внимания заслуживают данные экологических исследований. Например, в одном из отчётов опубликованный на новостном сайте Индии отмечается, что неорганизованная парковка и длительное движение автомобилей в поиске свободного места напрямую увеличивают уровень загрязнения воздуха, особенно в центральных частях городов. Таким образом, проблема парковки выходит за рамки транспортной и становится фактором экологической нагрузки. В ответ на данные вызовы в разных странах применяются различные подходы к реформированию парковочной политики. В ряде городов США и Европы происходит отказ от обязательных минимальных норм парковочных мест при строительстве объектов. Такая политика направлена на сокращение зависимости от личного транспорта и более рациональное использование городской территории. Вместо этого вводятся ограничения на количество парковок и стимулируется развитие общественного транспорта.

Также активно применяется зонирование и дифференцированная тарифная политика. В центральных районах стоимость парковки увеличивается, что снижает приток автомобилей, тогда как в периферийных зонах создаются перехватывающие парковки. Это позволяет перераспределить транспортные потоки и уменьшить нагрузку на наиболее загруженные участки.

В некоторых европейских городах реализуются альтернативные подходы, связанные с переосмыслением роли парковочного пространства. Например, отдельные парковочные места трансформируются в общественные пространства и зелёные зоны, что способствует улучшению качества городской среды и снижению доли автотранспорта. Такие меры сопровождаются развитием пешеходной и велосипедной инфраструктуры, а также повышением доступности общественного транспорта.

При проектировании микрорайона №5 в городе Бишкек (на тот период г. Фрунзе) в 1960–1970-е годы организация парковочного пространства не рассматривалась как значимый элемент градостроительной структуры. Это напрямую связано с уровнем автомобилизации населения Советского Союза, который в указанный период оставался крайне низким. По официальным статистическим данным, в середине 1960-х годов на 1000 жителей приходилось около 6-10 легковых автомобилей, а к середине 1970-х годов — порядка 16 автомобилей. Даже к 1980 году данный показатель составлял около 40-60 автомобилей на 1000 жителей, что свидетельствует о начальной стадии формирования массовой автомобилизации.

Для сравнения, в современных условиях уровень автомобилизации в постсоветских странах превышает 300 автомобилей на 1000 жителей, что означает увеличение более чем в 10 раз по сравнению с периодом проектирования микрорайона. Таким образом, расчётные параметры жилой застройки изначально не предусматривали размещение значительного количества личного автотранспорта.

В рассматриваемый период личный автомобиль не являлся массовым средством передвижения и рассматривался как дефицитный и дорогостоящий товар, основным средством передвижения был общественный транспорт. Ограниченные объёмы производства и система распределения приводили к тому, что доступ к автомобилю имела лишь незначительная часть населения, что подтверждается низкими показателями автомобилизации и длительными сроками ожидания приобретения транспортного средства. В этих условиях приоритет в градостроительном планировании отдавался развитию общественного транспорта, пешеходной доступности и формированию комфортной дворовой среды.

Нормативная база того времени также отражала данные реалии. В СНиП 1960–1970-х годов не содержали требований к организации постоянных парковочных мест в жилых микрорайонах. Предусматривались лишь ограниченные по объёму гостевые стоянки, рассчитанные на минимальное количество автомобилей — фактически несколько машино-мест на жилой дом. Основной акцент делался на размещение транспортных средств вне дворовых территорий, преимущественно в виде отдельных гаражей [2]. Лишь в 1980-е годы, на фоне постепенного роста автомобилизации, в нормативных документах начинают появляться положения, связанные с развитием гаражных кооперативов. Однако данные решения носили локальный характер и не были интегрированы в планировочную структуру микрорайонов, что привело к формированию разрыва между изначальными градостроительными решениями и последующим ростом потребности в хранении автотранспорта. Планировочная организация микрорайона №5 формировалась в условиях принципиально иной транспортной модели, при которой личный автомобиль не рассматривался как массовый элемент повседневной жизни. Сформированная в тот период пространственная структура не учитывала перспективного роста автомобилизации, что в современных условиях определяет ограниченность возможностей адаптации дворовых территорий к возросшей транспортной нагрузке.

Помимо роста автомобилизации с начала 80х годов проводились работы по уплотнению застройки.

Фото с сайта https://foto.kg/ статья о строительстве 5го микрорайона [1].

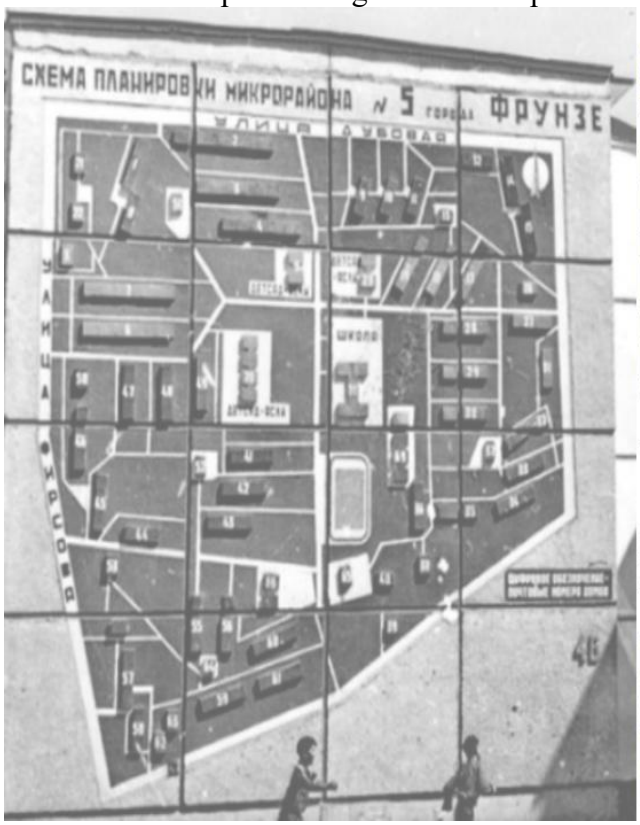


Рисунок 1 - Фотосхемы планировки микрорайона №5 г. Фрунзе 1970х годов

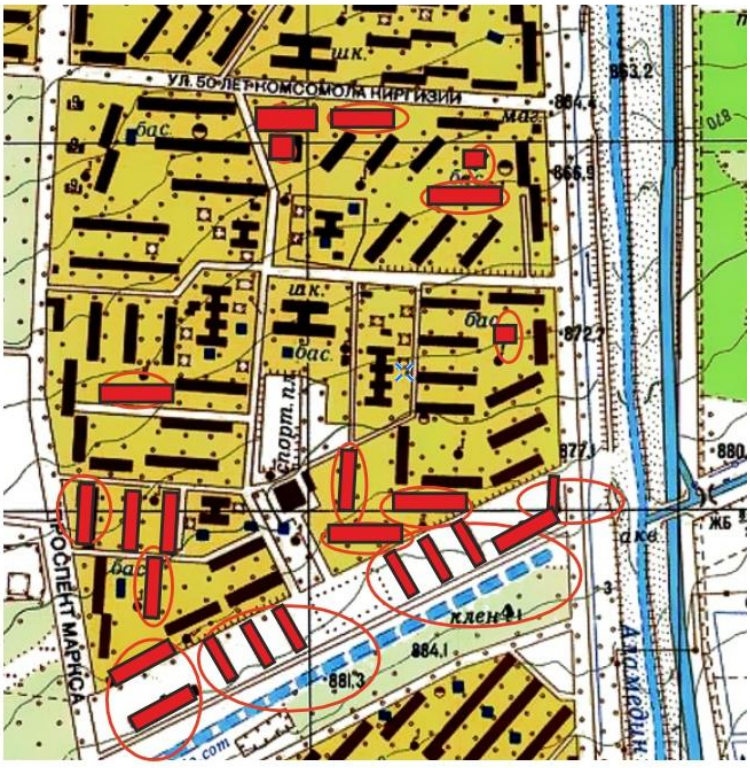


Рисунок 2 - Схема микрорайона №5 г. Фрунзе 1987 г

Сопоставление схемы с картографическими материалами 1987 года позволило выявить различия в структуре застройки и идентифицировать объекты, относящиеся к периоду уплотнения. На основе данного сравнительного анализа была определена группа зданий, отсутствующих в более ранних проектных решениях, но появившихся в процессе последующего развития территории. Это позволило оценить масштабы уплотнения застройки, а также установить характер её влияния на планировочную структуру микрорайона. Было

возведено 20 новых зданий от 5ти до 9ти этажей, а также гаражный кооператив напротив школы №17.

С позиции современной рыночной экономики развитие автомобилизации и парковочной инфраструктуры рассматривается как взаимосвязанный процесс, основанный на соотношении спроса и предложения, уровне доходов населения и стоимости городской земли. В глобальном масштабе наблюдается устойчивая тенденция роста автомобилизации, обусловленная экономическим развитием и повышением благосостояния населения. В развитых странах уровень автомобилизации достигает 500–800 автомобилей на 1000 жителей (например, США — около 797), тогда как в развивающихся странах этот показатель значительно ниже, но демонстрирует быстрый рост. В современных условиях глобальные различия сохраняются, однако общий тренд направлен на увеличение числа автомобилей по мере роста доходов и урбанизации. Это напрямую влияет на спрос на парковочные пространства, который растёт быстрее, чем возможности городов по его обеспечению.

С точки зрения рыночной экономики, парковка представляет собой ограниченный ресурс, стоимость которого определяется ценностью городской земли. Исследования показывают, что заниженная или скрытая стоимость парковки стимулирует рост автомобилизации: фактически дешёвые или бесплатные парковочные места увеличивают количество автомобилей в домохозяйствах. Таким образом, формируется замкнутый цикл: чем больше парковок создаётся, тем выше становится спрос на автомобили, что в дальнейшем снова увеличивает потребность в парковочных местах.

В городах постсоветского пространства, включая Бишкек, данный процесс имеет свои особенности. Переход к рыночной экономике сопровождался резким ростом доступности автомобилей за счёт импорта подержанных транспортных средств, развития кредитования и повышения мобильности населения. При этом городская инфраструктура, сформированная в советский период, не была рассчитана на такие темпы автомобилизации. В результате наблюдается дисбаланс между спросом на парковочные места и их предложением, что проявляется в перегрузке дворовых территорий и уличного пространства. На уровне города Бишкек развитие парковочной инфраструктуры в значительной степени носит стихийный характер и слабо интегрировано в систему городского планирования. В условиях рыночной экономики формирование организованных паркингов требует значительных инвестиций, а также наличия экономических стимулов для их строительства и использования. Однако при низкой платёжной готовности населения и распространённой практике бесплатной парковки во дворах инвестиционная привлекательность таких проектов остаётся ограниченной. Это приводит к тому, что предложение парковочных мест не успевает за растущим спросом.

Сложившаяся градостроительная ситуация в микрорайоне №5 города Бишкек проявляется наиболее наглядно. С одной стороны, наблюдается увеличение числа автомобилей в домохозяйствах, включая случаи, когда на одну квартиру приходится несколько транспортных средств. С другой стороны, дворовое пространство остаётся фиксированным и не может быть существенно расширено без ущерба для других элементов городской среды. В результате парковка фактически «вытесняет» озеленение, зоны отдыха и пешеходные пространства, что отражает конкуренцию за ограниченный ресурс — территорию.

В данной ситуации особое значение приобретает изучение поведения и предпочтений самих жителей как непосредственных пользователей парковочного пространства. В условиях рыночной экономики именно спрос со стороны населения формирует направления развития инфраструктуры, определяя её востребованность и экономическую целесообразность. В этой связи проведение анкетирования и социологического опроса позволяет получить эмпирические данные о реальных практиках использования парковки, уровне

удовлетворённости существующими условиями, а также отношении жителей к различным вариантам регулирования и развития парковочной системы.

Использование результатов социологического исследования обеспечивает возможность более точного выявления дисбаланса между спросом и предложением, а также позволяет учитывать социальные аспекты при разработке управленческих решений. Таким образом, анкетирование выступает не только инструментом сбора информации, но и важным элементом формирования обоснованных подходов к организации парковочного пространства в современных городских условиях.

С точки зрения рыночной экономики, сложившаяся ситуация объясняется несбалансированностью спроса и предложения на парковочные места, отсутствием эффективных механизмов ценообразования и регулирования, а также наследием градостроительных решений прошлого. В современных условиях решение данных вопросов требует перехода от стихийной к управляемой модели развития парковочной инфраструктуры, учитывающей экономические, пространственные и социальные факторы. Исходной основой может служить научно-практический градостроительный анализ, в том числе по основным жилым образованиям, с последующей разработкой градостроительной концепции, которая может служить техническим заданием для органа местного самоуправления г. Бишкек при разработке градостроительного проекта. Эффективного реализовать творческий потенциал проектировщиков-архитекторов-градостроителей, инженеров, конструкторов, транспортников, экономистов и других было бы целесообразно через организацию конкурсного проектирования.

Список литературы

1. FOTO.KG: проект «Кыргызский фотоархив»: сайт – Бишкек, 2023 –. – URL: https://foto.kg/galereya/4061-stroitelstvo-mikrorajonov-pjatyj-mikrorajon.html (строительство микрорайонов) (дата обращения 13.02.26).

2. СНиП II-60-75*. Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах. к СНиП II-60-75*) Утверждено приказом КиевНИИП градостроительства от 11 ноября 1983 г. № 135 //АНО МЦК: [сайт]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data1/43/43553/index.htm (дата обращения 20.04.26).

3. Бишкек шаарынын мэриясы: официальный сайт мэрии города Бишкек: сайт – Бишкек, 2018–. – URL: https://bishkek.gov.kg/ru/post/25714 (дата обращения 11.06.26).

4. Countercurrents : проект «Problem of Parking in urban areas and their possible solutions»: сайт - URL : https://countercurrents.org/2021/07/problem-of-parking-in-urban-areas-and-their-possible-solutions/?utm_source=chatgpt.com (проблемы парковки) (дата обращения 10.04.26)

5. Cornell University: проект «поиск парковочного места в физическом мире»: сайт – URL: https://arxiv.org/abs/2202.00258?utm_source=chatgpt.com (дата обращения 10.04.26)

6. Sage journals: проект «Динамика парковки на улицах крупных центральных городов»: сайт – URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/1898-16?utm_source=chatgpt.com (дата обращения 10.04.26)

УДК 338.48(575.2) (091)

С.Д. Усенов, Э.Д. Аширалиева, А. Жунусали кызы
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.D. Usenov, E.D. Ashiralieva, A. Junusali kyzy
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
s.usenov@kstu.kg, asiralievaelmira0@gmail.com, zhunusalitegin.a@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ТУРИЗМДИН ӨНҮГҮШҮНҮН НЕГИЗГИ ТАРЫХЫЙ ЭТАПТАРЫ

THE MAIN HISTORICAL STAGES OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргыз Республикасындагы туризмдин калыптанышынын жана өнүгүшүнүн негизги тарыхый этаптары каралат. Туристтик эгемендүүлүктүн көчмөн элдерге мүнөздүү салттуу конок тосуу формаларынан тартып, рыноктук экономиканын шартындагы заманбап туризм багыттарына чейинки эволюциясына талдоо жүргүзүлгөн. Туристтик инфраструктуранын өнүгүшүнө социалдык-экономикалык жана шаар куруу факторлорунун тийгизген таасирине өзгөчө көңүл бурулган. Кыргызстандагы туризм маселелерин изилдеген ата мекендик жана чет өлкөлүк окумуштуулардын илимий эмгектери талданып, жүргүзүлгөн изилдөөнүн негизинде шаар куруу багытындагы мындан аркы изилдөөлөр үчүн маанилүү болгон автордук жыйынтыктар чыгарылган.

Түйүндүү сөздөр*: туризм, тарыхый этаптар, Кыргыз Республикасы, туристтик инфраструктура, шаар куруу талдоосу, регионалдык өнүгүү.*

В статье расматриваются основные исторические этапы формирования и развития туризма в Кыргызской Республике. Проведён анализ эволюции туристической деятельности от традиционных форм кочевого гостеприимства до современных направлений туризма в условиях рыночной экономики. Особое внимание уделяется влиянию социально-экономических и градостроительных факторов на развитие туристической инфраструктуры. Проанализированы научные труды отечественных и зарубежных исследователей, изучавших вопросы туризма в Кыргызстане. На основе анализа сформулированы авторские выводы, имеющие значение для дальнейших градостроительных исследований.

Ключевые слова: *туризм, исторические этапы, Кыргызская Республика, туристическая инфраструктура, градостроительный анализ, региональное развитие.*

The article examines the main historical stages of the formation and development of tourism in the Kyrgyz Republic. An analysis of the evolution of tourist activities is carried out, from traditional forms of nomadic hospitality to modern types of tourism in the context of a market economy. Particular attention is paid to the influence of socio-economic and urban planning factors on the development of tourism infrastructure. Scientific works of domestic and foreign researchers studying tourism issues in Kyrgyzstan are analized. Based on this analysis, the autor's conclusions are formulated, which are significant for further urban planning research.

Key words: *tourism, historical stages, Kyrgyz Republic, tourism infrastructure, urban planning analysis, regional development.*

Туризм в Кыргызской Республике играет важную роль в экономике и социальном развитии страны. Природные богатства, культурное наследие, уникальная география и исторические памятники привлекают все большее количество туристов как из соседних стран, так и из дальнего зарубежья. Развитие туризма в Кыргызстане прошло через несколько ключевых исторических этапов, каждый из которых оказывал влияние на форму и структуру отрасли. От первых шагов в организации туристического потока до современных тенденций в сфере экотуризма и культурных путешествий — каждый этап истории туризма в Кыргызстане имеет свое значение. Изучение этих этапов позволяет глубже понять, как происходила адаптация к изменениям на глобальном уровне, а также как местные особенности и традиции формировали уникальную туристическую отрасль страны.

Целью данной работы является анализ основных исторических этапов развития туризма в Кыргызской Республике, выявление ключевых факторов, которые влияли на эволюцию этой сферы, а также определение современного состояния и перспектив развития туризма в стране. Исследование направлено на изучение влияния политических, экономических и социальных изменений на туризм, а также на выявление потенциала Кыргызстана как туристического направления в условиях глобализации и устойчивого развития [1].

Абдылдаев А.Т. – один из специалистов, которые изучали формирование туристической инфраструктуры в Кыргызстане, особенно в советский период. Его исследования фокусируются на: периоде становления массового и организованного туризма (1950 - 1980); роли государственных структур в развитии туристических объектов и баз; взаимодействии туристской инфраструктуры с природно-рекреационными ресурсами страны.

Примеры аспектов, анализируемых в его работах:

- Создание туристских баз и маршрутов. Уже в советское время по всей республике строились станции юных туристов, дома отдыха, турбазы «Иссык-Куль», «Сары-Челек», «Арсланбоб». Это становилось не только инфраструктурой для отдыха, но и частью социальной культуры массового туризма.
- Рост участия населения в туристической деятельности. Организованные походы, экскурсии, спортивно-туристские секции становились распространенными явлениями: число участников выросло с десятков тысяч в послевоенные годы до сотен тысяч к концу 1960-х гг.

Абдылдаев подчеркивал, что инфраструктуное наследие советской эпохи (дороги, турбазы, инженерные сети) стало фундаментом для последующей реорганизации туристической деятельности в период независимости. Такой анализ помогает увидеть историческую базу для современного развития туризма (в том числе на уровне районов, как Базар-Коргонский) [2].

Сыдыкбекова Н.К. – устойчивое развитие туризма и региональная дифференциация. Работы Сыдыкбековой Н.К. (имя может фигурировать также как Н.К.Сыдыкова в источниках дисертаций и публикаций по экономике регионального развития) посвящены сбалансированному развитию туризма в регионах Кыргызстана. Основные направления: анализ природно-рекреационных и социально-экономических факторов развития туризма; выявления региональных различий в потенциале и уровне освоения туристических ресурсов; формулирование критериев устойчивого туризма.

Примеры идей и выводов:

- Неравномерность развития туристической отрасли по регионам. Анализ показывает, что регионы с хорошо развитой инфраструктурой (например, Иссык-Куль) привлекают большинство туристов, в то время как периферийные районы остаются отверженными. Это требует дифференцированных подходов к развитию туризма в зависимости от территориальных возможностей региона.

Экологическая и социальная устойчивость. Туризм должен сочетать экономическую эффективность с сохранением природных и культурных ресурсов. Такой подход требует внедрения экотуристических проектов и вовлечения местных сообществ, что делает туризм не только источником дохода, но и инструментом устойчивого развития.

Хотя работы Сыдыкбековой мало представлены в открытых англоязычных источниках, эти идеи часто усиливаются исследованиями других авторов Кыргызстана и Центральной Азии, которые говорят о неоднородности пространственного распределения туристических ресурсов и необходимости интеграции туризма в региональные стратегии развития [3].

Иванов В.П. – сравнительный анализ туристического развития горных территорий Центральной Азии. Иванов В.П. (российский исследователь) анализировал развития туристической деятельности в горных регионах Центральной Азии. Это крайне важно для Кыргызстана, у которого более 90% территории занимает горы и который обладает значительным природным потенциалом. Основные направления: сравнительный анализ туристических моделей в горах (Кыргызстан, Таджикистан, Казакстан); выявления общих факторов, влияющих на развитие туризма (релеьф, доступность, инфраструктура); изучение роли историко-культурного наследия и природы как ключевых туристических ресурсов.

Примеры выводов и подобных сравнительных иследований:

- Горные регионы обладают высоким потенциалом для приключенческого туризма (трекинг, альпинизм, рафтинг), но их развитие сдерживается из-за отсутствия инфраструктуры и специальных программ поддержки.
- Успешное развитие туристических территорий требует сочетания природынх ресурсов, доступности и устойчивого управления, что подтверждается и международными работами по области горного и экологического туризма.

Развитие туризма в Кыргызской Республике имеет глубокие исторические корни, связанные с географическим положением страны, природно-климатическими условиями и особенностями традиционного уклада жизни населения. Исторически территория современного Кыргызстана находилась на пересечении торговых и культурных путей, что предопредило формирование ранних форм путешествий и гостеприимства [4].

1.Традиционный (досоветский) этап развития туризма.

До начала XX века как организованная отрасль в Кыргызстане отсутствовала, однако существовали предпосылки его формирования. Кочевая культура кыргызского народа предполагала активные пространственные перемещения, а также развитые традиции гостеприимства. Через территорию страны приходили маршруты Великого Шёлкового пути, что способствовало развитию торговых стоянок, караван-сараев и временных поселений. На данном этапе можно говорить о прототуризме, включающем: торговые и паломнические поездки; сезонные кочевые маршруты; этнокультурные контакты.

С градостроительной точки зрения этот период характеризуется отсутствием стационарной туристической инфрастуктуры, но формированием опорных пунктов расселения, многие из которых в дальнейшем стали центрами притяжения туристов.

2.Советский этап развития туризма (1920-1991 гг).

Советский период стал ключевым этапом становления туризма как отрасли. Туризм рассматривался государством как средство оздоровления населения и идеологического воспитания. В этот период активно развивалось:санаторно-курортные зоны (Иссык-Куль, Джалал-Абад); туристические базы и дома отдыха; горный и спортивный туризм.

Исследователь А.Т.Абдылдаев отмечает, что именно в советский период была заложена базовая туристическая инфраструктура, которая во многом используется и сегодня. Развития туризма сопровождалась формированием планировочных схем курортных территорий, строительством транспортных узлов и инженерных сетей. Однако туризм носил в основном массовый и централизованный характер, а региональные особенности, включая малые районы, такие как Базар-Коргонский, становились слабо вовлечёнными в туристическую деятельность.

3.Постсоветский этап (с 1991 г. По настоящее время)

После обретения независимости Кыргызской Республикой туристическая отрасль столкнулась с экономическим спадом и утратой государственной поддержки. Многие объекты советского периода пришли в упадок. Однако с начала 2000-х годов наблюдается постепенное восстановление и переосмысления туризма.

4.Современный этап характеризуется:
-Развитием экологического, этнического и сельского туризма;
-Вовлечением местных сообществ;
-Ориентацией на устойчивое развитие территорий.
По мнению Н.К.Сыдыкбековой, современный туризм в Кыргызстане развивается фрагментарно и требует комплексного градостроительного подхода, учитывающего природный потенциал и социально-экономические условия регионов [5].

Этап развития	Период	Основные виды туризма	Градостроительная характеристика
Досоветский	До XX в	Торговый, паломнический	Формирование исторических маршрутов и опорных поселений
Советский	1920-1991 гг.	Массовый, санаторно-курортный	Создание туристической инфраструктуры и курортных зон
Постсоветский	1991-2000 гг.	Ограниченный внутренний	Упадок и неравномерное развитие туристических объектов
Современный	С 2000 г.	Экологический этнический, сельский	Формирование локальных туристических кластеров

Таким образом, историческое развитие туризма в Кыргызской Республике представляет собой сложный и многослойный процесс, тесно связанный с социально-экономическими и политическими трансформациями государства. От традиционных форм кочевой мобильности и элементов гостеприимства, уходящих корнями в эпоху Великого Шёлкового пути, до институционализации туризма в советский период и последующей рыночной трансформации после обретения независимости — каждый этап сформировал уникальную модель туристского развития страны.

Советский период заложил инфраструктурную и организационную основу отрасли, однако она была ориентирована преимущественно на внутренний и межреспубликанский туризм. Переход к рыночной экономике в 1990-х годах сопровождался кризисом и спадом туристской активности, но одновременно создал предпосылки для формирования самостоятельной национальной туристской политики. В постсоветский период туризм начал рассматриваться как стратегическое направление диверсификации экономики, особенно в условиях ограниченности промышленного потенциала.

На современном этапе развитие туризма в Кыргызстане характеризуется усилением роли экологического, этнокультурного, горного и приключенческого туризма, что обусловлено природно-ресурсным потенциалом страны и растущим мировым спросом на устойчивые и аутентичные формы путешествий. Вместе с тем сохраняются структурные проблемы — недостаточный уровень инфраструктуры, сезонность, институциональные ограничения и зависимость от внешнеполитической и эпидемиологической конъюнктуры [6].

В перспективе устойчивое развитие туристской отрасли Кыргызской Республики возможно при условии комплексного подхода, включающего совершенствование нормативно-правовой базы, развитие транспортной и сервисной инфраструктуры, цифровизацию туристских услуг, повышение качества кадровой подготовки и активное продвижение национального туристского бренда на международных рынках. Особое значение приобретает баланс между экономической выгодой и сохранением природного и культурного наследия, что соответствует современным принципам устойчивого развития [7].

В целом, анализ исторических этапов становления туризма в Кыргызской Республике позволяет сделать вывод о постепенном переходе от фрагментарных форм туристской деятельности к формированию системной отрасли экономики, обладающей значительным потенциалом для дальнейшего роста и интеграции в глобальное туристское пространство.

Список литературы

1. Кыргызская Республика. Закон «О туризме». – Бишкек, 1999 (с изм. и доп.).
2. Абдылдаев А.Т. Развитие туристской инфраструктуры Кыргызской Республики в советский период (1950–1980 гг.) // Вестник Кыргызского государственного университета. – Бишкек, 2012. – № 3. – С. 45–52.
3. Сыдыкбекова Н.К. Региональные особенности и устойчивое развитие туризма в Кыргызской Республике // Экономика и управление. – Бишкек, 2015. – № 2. – С. 78–86.
4. Иванов В.П. Развитие туризма в горных регионах Центральной Азии: сравнительный анализ. – Москва: Наука, 2014. – 214 с.
5. Садырбаев Ж.С. Исторические предпосылки формирования туристской деятельности на территории Кыргызстана // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына. – Бишкек, 2010. – № 2. – С. 118–124.
6. Стратегия устойчивого развития туризма в Кыргызской Республике на 2019–2023 годы. – Бишкек: Правительство Кыргызской Республики, 2019. – 65 с.
7. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018–2040 годы. – Бишкек: Правительство Кыргызской Республики, 2018. – 96 с.

УДК 338.48

С.Д. Усенов, Э.Д. Аширалиева, А. Жунусали кызы
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.D. Usenov, E.D. Ashiralieva, A. Junusali kyzy
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
s.usenov@kstu.kg, asiralievaelmira0@gmail.com, zhunusalitegin.a@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ БАЗАР-КОРГОНСКОГО РАЙОНА

БАЗАР-КОРГОН РАЙОНУНДА ТУРИЗМДИ УЮШТУРУУНУН НЕГИЗГИ ФАКТОРЛОРУ ЖАНА ПРИНЦИПТЕРИ

THE MAIN FACTORS AND PRINCIPLES OF ORGANIZING TOURISM IN THE BAZAR-KORGON DISTRICT

Бул макалада Базар-Коргон районунун аймагында туризмди уюштуруунун негизги факторлору жана принциптери каралган. Райондун жаратылыштык-рекреациялык потенциалы, транспорттук жеткиликтүүлүгү, экологиялык абалы жана социалдык-экономикалык өзгөчөлүктөрү талдоого алынган. Туризмдин өнүгүшүнө таасир этүүчү негизги шарттар аныкталып, аймактын туристтик системасын туруктуу өнүктүрүүнүн принциптери караштырылган. Өзгөчө жаратылыш ресурстарын рационалдуу пайдаланууга, аймактык байланыштарды өнүктүрүүгө жана жергиликтүү калкты туристтик ишмердүүлүккө тартууга көңүл бурулган. Изилдөөнүн негизинде Базар-Коргон району экологиялык, рекреациялык жана айылдык туризмди өнүктүрүү үчүн перспективдүү аймак катары бааланган.

Түйүндүү сөздөр: *туризм, Базар-Коргон району, туристтик потенциал, туруктуу өнүгүү, рекреациялык аймак, экологиялык туризм, транспорттук байланыш, аймактык өнүгүү.*

В данной статье рассматриваются основные факторы и принципы организации туризма на территории Базар-Коргонского района. Проведён анализ природно-рекреационного потенциала, транспортной доступности, экологического состояния и социально-экономических особенностей территории. Выявлены ключевые условия, влияющие на развитие туристской деятельности, а также рассмотрены принципы устойчивой организации туристской системы района. Особое внимание уделено рациональному использованию природных ресурсов, развитию территориальных связей и вовлечению местного населения в туристскую деятельность. На основе проведённого исследования Базар-Коргонский район рассматривается как перспективная территория для развития экологического, рекреационного и сельского туризма.

Ключевые слова: *туризм, Базар-Коргонский район, туристский потенциал, устойчивое развитие, рекреационная территория, экологический туризм, транспортные связи, территориальное развитие.*

This article examines the main factors and principles of tourism organization in the territory of Bazar-Korgon district. The study analyzes the natural and recreational potential, transport accessibility, environmental conditions, and socio-economic characteristics of the area. The key conditions influencing the development of tourism activities are identified, and the principles of sustainable organization of the district's tourism system are considered. Particular attention is paid to the rational use of natural resources, the development of territorial connections, and the involvement of the local population in tourism activities. Based on the conducted research, Bazar-Korgon district is considered a перспективе area for the development of ecological, recreational, and rural tourism.

Key words: *tourism, Bazar-Korgon district, tourism potential, sustainable development, recreational area, ecological tourism, transport connections, territorial development.*

Актуальность изучения факторов и принципов организации туризма на территории Базар-Коргонского района определяется необходимостью научного осмысления пространственных условий формирования туристской деятельности в районах с выраженной природной и хозяйственной неоднородностью. В современных условиях развитие туризма в Кыргызстане приобретает всё более территориально дифференцированный характер, при котором отдельные районы становятся точками роста, а другие остаются вне устойчивых туристских потоков. Это усиливает потребность в выявлении внутренних закономерностей размещения туристской активности и факторов, определяющих её концентрацию.

Базар-Коргонский район представляет собой территорию с высоким, но неравномерно реализованным потенциалом. С одной стороны, здесь присутствуют благоприятные природные условия, разнообразие ландшафтов и развитая система сельскохозяйственного освоения, создающая основу для формирования различных форм рекреационной деятельности. С другой стороны, существующая туристская структура носит локальный и недостаточно интегрированный характер, что ограничивает её влияние на социально-экономическое развитие территории.

Дополнительную значимость теме придаёт усиление роли внутреннего и регионального туризма, связанного с изменением потребительских предпочтений, ростом интереса к природным и локальным культурным пространствам, а также поиском альтернативных направлений отдыха вне крупных урбанизированных центров. В этих условиях возрастает значение районов, способных предложить сочетание природной среды, традиционного уклада и доступной транспортной связанности.

Особую актуальность приобретает необходимость рассмотрения территории не как совокупности отдельных туристских объектов, а как единой пространственной системы, в которой природные, хозяйственные и инфраструктурные элементы взаимодействуют между собой. Такой подход позволяет перейти от описательного уровня анализа к выявлению структурных факторов формирования туристской среды.

Цель данного подраздела заключается в комплексном определении ключевых факторов, влияющих на организацию туризма в Базар-Коргонском районе, а также в формулировании базовых принципов пространственного и функционального развития туристской системы территории с учётом её природных особенностей, хозяйственной структуры и транспортно-географического положения.

Достижение поставленной цели требует обращения к существующей научной базе, отражающей вопросы развития туризма и пространственной организации территорий в Кыргызской Республике. Анализ литературы показывает, что данные аспекты рассматриваются в работах отечественных и зарубежных исследователей с позиций экономики, географии и градостроительства. При этом уровень изученности проблемы неоднороден: наиболее подробно исследованы общие закономерности развития туризма, тогда как вопросы локальной пространственной организации и формирования туристских систем на районном уровне остаются недостаточно разработанными. В этой связи особое значение имеет анализ научных подходов, позволяющих определить методологическую основу исследования и выявить современные направления развития туристских территорий.

Ж.С. Садырбаев (Кыргызстан, КНУ им. Ж. Баласагына). Один из наиболее цитируемых кыргызских исследователей по туризму и историческим предпосылкам отрасли. Его работы рассматривают: формирование туристской деятельности в Кыргызстане; влияние Великого Шёлкового пути на территориальное развитие; ранние формы путешествий и торгово-караванные маршруты; связь природных ресурсов с расселением. Его подход объясняет, как исторические маршруты стали основой современных туристических коридоров, включая юг Кыргызстана и Ферганскую долину [1].

К.Т. Абдыбекова (Кыргызстан, Академия госуправления при Президенте КР). Исследует современное развитие туризма в регионах Кыргызстана. Основные направления: география туристических ресурсов (особенно Иссык-Куль, южные регионы); анализ туристских потоков; государственное регулирование отрасли; развитие региональной инфраструктуры. Она показывает, что туризм в КР развивается неравномерно и зависит от инфраструктуры и управления территориями, что напрямую связано с Базар-Коргонским районом [2].

Г.Ж. Саматова (Кыргызско-Турецкий университет «Манас»). Исследует современные формы туризма и трансформацию отрасли. Основные идеи: переход от массового туризма к устойчивому; развитие гастрономического и этнокультурного туризма; роль местных ресурсов в формировании туристского продукта; интеграция туризма в экономику регионов. Подходит для объяснения, почему такие зоны как Арсланбап и Кызыл-Ункур становятся туристическими продуктами нового типа, а не просто природными объектами [3].

Н.Ж. Дуйшевабаева / Г.Н. Юсупова (Международный университет Кыргызстана). Исследуют экономику туризма и его внутренние противоречия. Основные положения: дисбаланс между туристическим потенциалом и инфраструктурой; слабая интеграция регионов в общую систему туризма; зависимость от внешних факторов; необходимость кластерного подхода. Это напрямую объясняет проблему Базар-Коргона — наличие ресурсов при слабой системной организации территории [4].

Кыргызские исследователи горного туризма (КР, КРСУ / НАН КР). В рамках Национальной академии наук и университетов Кыргызстана формируется отдельное направление: они изучают: горный и экотуризм; рекреационный потенциал предгорий и ущелий; устойчивость экосистем; развитие туристических маршрутов в труднодоступных районах. Их общий научный вывод: туризм в Кыргызстане имеет «очаговую пространственную структуру», где развитие идёт вокруг природных центров (ущелья, леса, реки) [5].

Кыргызские авторы по устойчивому развитию (региональные школы экономики). Это обобщённое направление (часто КНУ, ОшГУ, КГТУ). Они рассматривают: туризм как фактор регионального развития; роль местных сообществ; экологические ограничения; необходимость территориального планирования [6].

Формирование туристской системы Базар-Коргонского района определяется совокупностью взаимосвязанных факторов, которые отражают его природно-географическое положение, транспортную доступность, структуру расселения и включённость в региональные и трансграничные процессы. В отличие от крупных туристических центров страны, развитие туризма здесь носит очаговый характер, где отдельные природные и культурные комплексы становятся ядрами притяжения туристских потоков.

В научных исследованиях отечественных авторов подчёркивается, что устойчивость туристического развития в Кыргызстане определяется не только наличием природных ресурсов, но и степенью их пространственной организации и интеграции в экономику региона. В работах Ж.С. Садырбаева отмечается значение исторических маршрутов и природно-территориальных связей как основы формирования современных туристических направлений, что особенно актуально для территорий Ферганской долины, включая южные районы страны. Подход К.Т. Абдыбековой акцентирует внимание на неравномерности развития туристической инфраструктуры и зависимости отрасли от транспортно-управленческих факторов. Эти положения позволяют рассматривать Базар-Коргонский район как территорию с потенциалом роста, но ограниченную текущим уровнем инфраструктурной обеспеченности. Аналогично, исследования Г.Ж. Саматовой подчёркивают трансформацию природных территорий в современные туристские продукты, что отражается в формировании новых форм отдыха, основанных на природной и этнокультурной специфике.

Факторы организации туризма. 1) Природно-ресурсный фактор. Ключевым элементом формирования туристского потенциала района выступает разнообразие природных условий, включающих предгорные лесные зоны, речные долины и высокогорные массивы. Именно природная контрастность территории создаёт условия для развития различных видов туризма — от экологического до рекреационного. В исследованиях горного туризма Кыргызстана отмечается, что природные ландшафты выступают основными “точками концентрации” туристской активности, формируя очаговую модель освоения территории. 2) Экологический фактор. Состояние окружающей среды является определяющим условием устойчивости туристического развития. В научной литературе по устойчивому туризму подчёркивается необходимость сохранения природных экосистем при одновременном их использовании в рекреационных целях. Для Базар-Коргонского района это особенно актуально в связи с уязвимостью лесных и речных экосистем, где антропогенная нагрузка может приводить к деградации природной среды. Поэтому экологический фактор выступает не ограничением, а регулятором туристского освоения территории. 3) Транспортно-географический фактор. Развитие туризма напрямую зависит от уровня транспортной связности района. Расположение в зоне межрегиональных и международных транспортных направлений усиливает транзитную функцию территории. В работах по региональному развитию туризма подчёркивается, что дорожная инфраструктура формирует “каркас туристского освоения”, определяя доступность объектов и интенсивность потоков. В случае Базар-Коргонского района транспортные коридоры связывают его с другими районами Джалал-Абадской области и соседними странами, создавая условия для транзитного и краткосрочного туризма. 4) Социально-экономический фактор. Важную роль играет уровень вовлечённости местного населения в туристскую деятельность. Исследования устойчивого туризма в Кыргызстане показывают, что участие местных сообществ повышает эффективность использования туристских ресурсов и способствует развитию малого бизнеса. В районе данный фактор проявляется через развитие сельского хозяйства, ремесленных форм занятости и услуг размещения, которые могут быть интегрированы в туристскую систему.

Принципы организации туризма. На основе анализа факторов можно выделить ключевые принципы формирования туристской системы района. 1) Принцип территориальной концентрации. Туристическая активность должна формироваться вокруг устойчивых природных и культурных центров притяжения, что соответствует очаговой модели развития туризма, характерной для горных регионов Кыргызстана. 2) Принцип экологической устойчивости. Использование природных ресурсов должно сопровождаться ограничением нагрузки

на экосистемы и внедрением природоохранных мер, что соответствует современным концепциям устойчивого туризма. 3) Принцип транспортной доступности. Развитие туристской инфраструктуры должно быть синхронизировано с транспортной системой, обеспечивающей доступ к основным объектам и снижение пространственной изолированности территорий. 4) Принцип локальной вовлечённости. Местное население должно выступать активным участником туристского процесса, формируя сервисную и культурную составляющую туристского продукта. 5) Принцип полифункциональности территории. Туризм должен развиваться в сочетании с другими видами хозяйственной деятельности, не нарушая традиционную структуру сельского хозяйства и природопользования.

Проведённый анализ факторов и принципов организации туризма в Базар-Коргонском районе показывает, что формирование туристской системы территории носит комплексный и многоуровневый характер. Развитие туризма определяется сочетанием природно-ресурсного потенциала, экологической чувствительности ландшафтов, транспортно-географического положения и социально-экономических условий, которые в совокупности формируют пространственную модель очагового освоения территории.

Ключевую роль в развитии туристской деятельности играют природные комплексы района, выступающие основными зонами концентрации рекреационной активности. При этом их функционирование напрямую зависит от уровня транспортной доступности и степени включённости в региональные и межрегиональные связи, что определяет характер и интенсивность туристских потоков.

Особое значение имеет экологический фактор, который выступает регулятором допустимой нагрузки на природные территории. Это обуславливает необходимость внедрения принципов устойчивого развития, направленных на сохранение природных экосистем при одновременном их использовании в туристско-рекреационных целях.

Анализ показал, что существующий туристский потенциал района реализован частично и пространственно неравномерно, что связано с недостаточной развитостью инфраструктуры и слабой интеграцией отдельных территорий в единую туристскую систему. В этой связи развитие туризма требует применения принципов территориальной концентрации, транспортной связанности, экологической устойчивости и вовлечения местного населения.

Базар-Коргонский район обладает значительным потенциалом для развития различных видов туризма, однако его эффективная реализация возможна только при условии комплексного подхода к пространственной организации туристской деятельности и формированию устойчивой региональной туристской структуры.

Список литературы

1. Садырбаев Ж.С. Исторические предпосылки формирования туристской деятельности на территории Кыргызстана // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына. – Бишкек, 2010. – №2. – С. 118–124.
2. Абдыбекова К.Т. Региональные особенности развития туризма в Кыргызской Республике // Экономика и управление. – Бишкек, 2016. – №3. – С. 74–81.
3. Саматова Г.Ж. Современные направления устойчивого туризма в Кыргызской Республике // Вестник Кыргызско-Турецкого университета «Манас». – Бишкек, 2021. – №1. – С. 92–99.
4. Дуйшевабаева Н.Ж., Юсупова Г.Н. Проблемы и перспективы развития регионального туризма в Кыргызстане // Вестник Международного университета Кыргызстана. – Бишкек, 2019. – №2. – С. 55–63.
5. https://scholar.google.com/scholar?q=горный+туризм+Кыргызстан+КРСУ
6. https://scholar.google.com/scholar?q=устойчивое+развитие+туризма+Кыргызстан

УДК 624

К.К. Калысбеков, Е.В. Смолев, Б.И. Илисбеков,
Д.С. Мурзалиев, Б.Т. Курманбаев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K.K. Kalysbekov, E.V. Smolev, B.I. Ilisbekov, D.S. Murzaliev,
B.T. Kurmanbaev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

КУРУЛУШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ ЖӨНҮНДӨ ЖАЛПЫ МААЛЫМАТ

GENERAL INFORMATION ABOUT BUILDING STRUCTURES

Бул макалада курулуш конструкциялары жөнүндө жалпы маалымат берилет жана алар үчүн негизги талаптар талкууланат. Курулуш конструкциялары жасалган негизги курулуш материалдары да каралат.

Түйүндүү сөздөр: *курулуш конструкциялары, бекемдик, туруктуулук, катуулук, ишенимдүүлүк.*

В настоящей статье представлены общие сведения о строительных конструкциях и рассмотрены основные требования к ним. Также рассмотрены основные строительные материалы, из которых изготавливаются строительные конструкции.

Ключевые слова: *строительные конструкции, прочность, устойчивость, жесткость, надежность.*

This article presents general information about building structures and examines the main requirements for them. It also examines the main building materials from which building structures are made.

Key words*: building structures, strength, stability, rigidity, reliability.*

Введение. Все строительные материалы и изделия служат основой для создания строительных конструкций. Характеристики строительных материалов напрямую влияют на свойства самих конструкций. С развитием и внедрением новых материалов в строительную практику совершенствовались и строительные конструкции. Одновременно с этим появление новых типов конструкций часто было обусловлено необходимостью возводить новые виды зданий или увеличивать размеры уже существующих. Таким образом, можно заключить, что прогресс в строительстве и архитектуре во многом определяется развитием строительных конструкций [1-5].

Строительные конструкции представляют собой элементы зданий и сооружений, образующие их каркас и принимающие на себя все действующие нагрузки. В зависимости от материала их делят на металлические, железобетонные, каменные, деревянные и конструкции с использованием пластмасс.

Строительные конструкции подразделяются не только по материалу. Все конструктивные элементы и части зданий и сооружений можно подразделить на несколько групп: горизонтальные и вертикальные, плоские и линейные, плоскостные и пространственные конструкции:

- стены — плоские вертикальные конструкции;
- столбы, стойки и колонны — вертикальные линейные (точечные) конструкции;

- балки и фермы перекрытий и покрытий — горизонтальные линейные конструкции (рис.1).

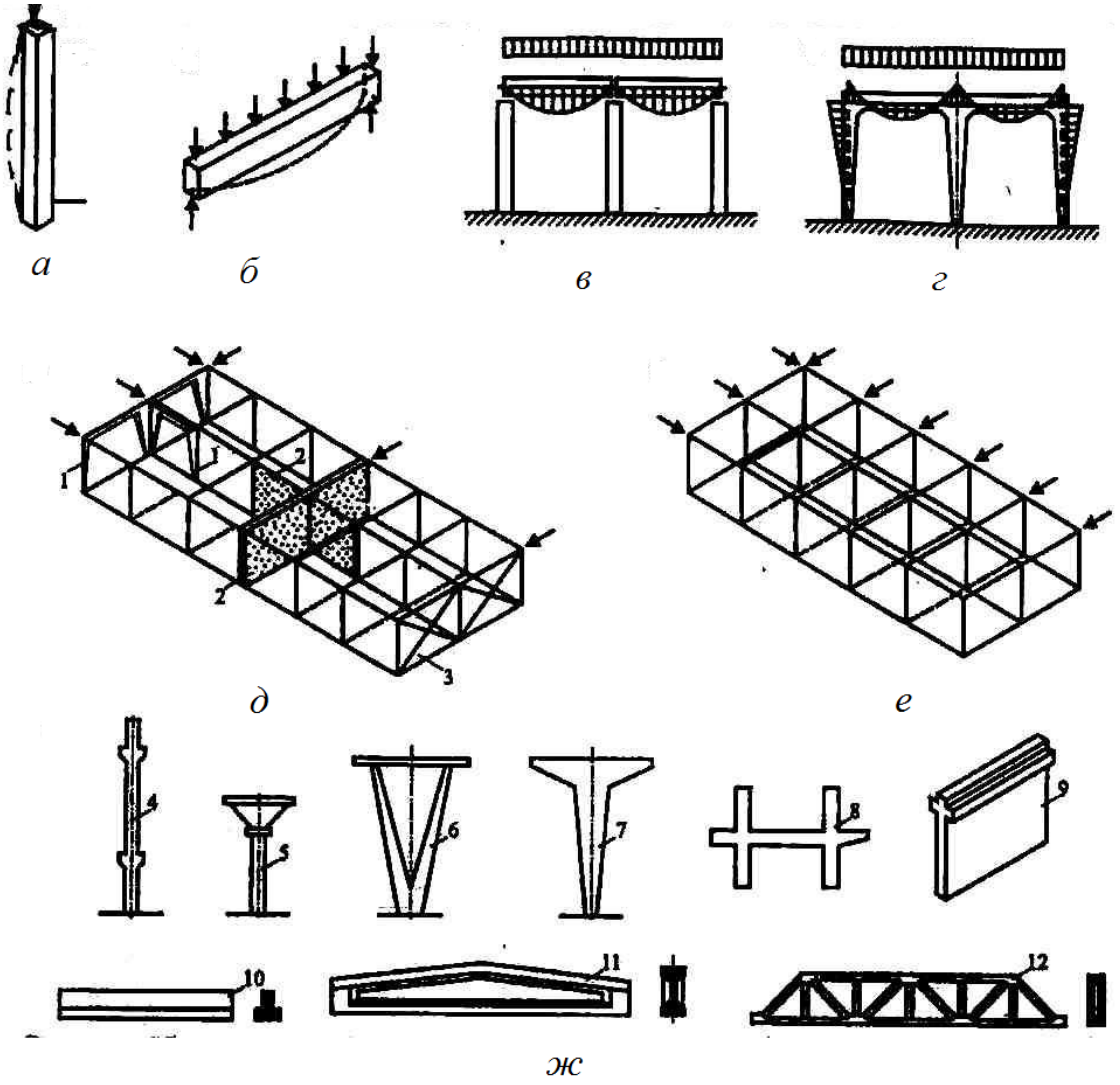


Рисунок 1 - Стоечно — балочные несущие конструкции:

а — стойка, б — балка, в — стоечно — балочная конструкция с шарнирным сопряжением элементов, г — то же, с рамным, д — рамно-связевая схема каркаса со связями в виде рам (1); стен жесткости (2); раскосов (3); е — схема пространственного рамного каркаса, ж — сборные железобетонные элементы стоечно — балочной систе-мы; 4 — двухэтажная колонна; 5 — колонна безбалочного перекрытия; 6, 7 — V – и Т-образные колонны; 8 — совмещенный стоечно — ригельный фрагмент рамы; 9 — совмещенная конструкция ригеля и диафрагмы жесткости; 10 — ригель; 11 — двускатная балка покрытия; 12 — ферма

К ним относятся также арки и рамы. Балки и фермы относятся к безраспорным конструкциям, т.е. передающим на опоры (стены и колонны) только вертикальную нагрузку. Рамы, арки и своды являются распорными конструкциями, передающими на опоры не только вертикальную нагрузку, но и возникающие в конструкции распорные усилия (так называемый «распор»)

Плоскостные и пространственные конструкции по большей части относятся к покрытиям зданий. К плоскостным относятся покрытия с линейными конструкциями — балками, фермами, арками, рамами и т.д.

Разнообразные типы пространственных конструкций в основном могут быть сведены к оболочкам, сводам — оболочкам, куполам, складчатым конструкциям, перекрестно-стержневым системам, висячим и тентовым конструкциям и т.д. (рис.3).

Плоскостные конструкции состоят из элементов, каждый из которых «работает» в своей отдельной вертикальной плоскости. Пространственные конструкции «работают» пространственно, поэтому они более эффективны.

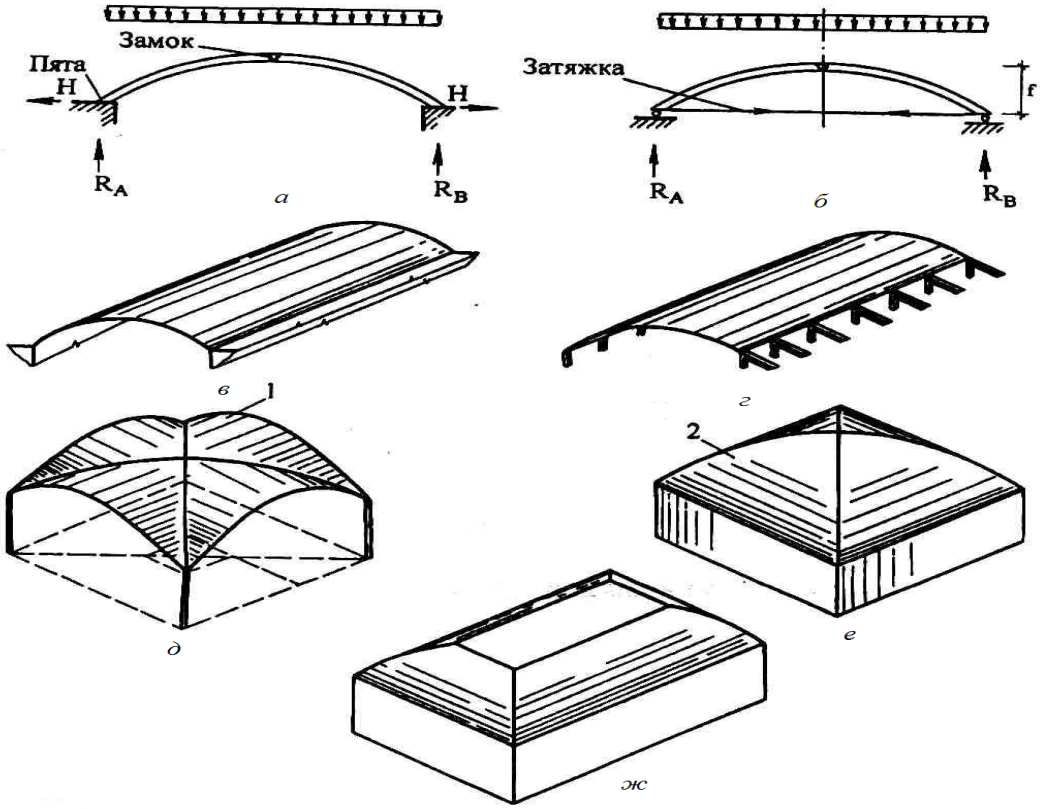


Рисунок 2 - Арочно-сводчатые конструкции:

а — арка; б — арка с затяжкой; в — цилиндрический свод; г — цилиндрический свод на стоечно — подкосных опорах; д — крестовый свод; е — сомкнутый (монастырский) свод; ж — «зеркальный свод»; R_a и $R_в$ — вертикальные реакции опор; H — распор; f — стрела подъема арки; 1 — распалубка; 2 — лоток

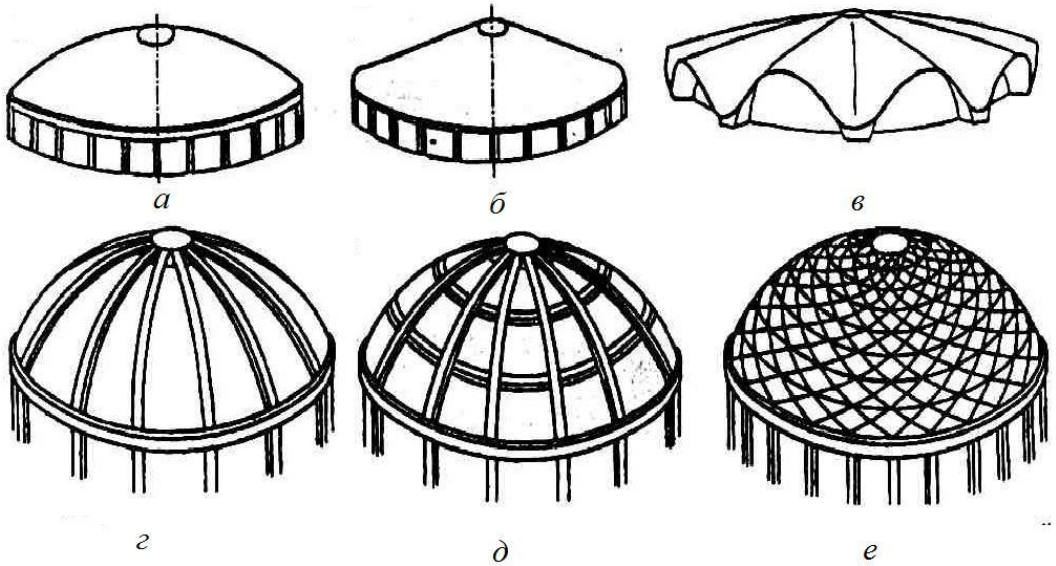


Рисунок 3 - Современные купольные конструкции:

а, б — тонкостенные гладкие; *в* — волнистый купол из железобетона*; г* — ребристый; *д* — ребристо — кольцевой, *е* — сетчатый купол из стальных стержней

Необходимо также проследить и проанализировать, как изменялись строительные конструкции во времени и какую роль в этих изменениях играли строительные материалы.

Дерево, камень и кирпич. Известные с древности материалы позволяли строить в основном небольшие здания с несложными конструкциями. Камень и необожженный кирпич использовались для стен, дерево (часто необработанное, в виде бревен) — для конструкций крыш, а в лесистых районах — и для стен. Позже для балок покрытий и стоек стала применяться примитивно-обработанная древесина в виде брусьев. Уже тогда было замечено, что деревянные элементы хорошо сопротивляются изгибу и успешно могут быть использованы для перекрытия «пролетов» — расстояний между опорами. При увеличении размеров зданий пролеты также увеличивались и для перекрытия их требовались уже другие конструкции, так как балки при этом становились слишком массивными. Такими конструкциями стали сначала стропила, а затем и фермы из дерева.

Стропила — незамкнутые решетчатые конструкции представляют собой наклонные балки с поддерживающей их системой подкосов и стоек. Ферма — это замкнутая решетчатая конструкция, имеющая главную отличительную особенность — «нижний пояс» (или «затяжку»). Фермы — это сложные и многодельные конструкции, способные перекрывать здания большой ширины и не требующие дополнительных внутренних опор. Балки и фермы, выполненные в виде единой конструкции со стойками, соединенными между собой жесткими узлами, образовывали так называемые «портальные рамы», которые имели значительно большую несущую способность и жесткость, чем составляющие их отдельные элементы. Рамы и балки криволинейного очертания назывались «арками» (рис.2).

Когда появились строительные растворы и каменную кладку стали вести с их применением, камень стал использоваться не только для конструкций стен, но и для перекрытий и покрытий.

Начали сооружаться каменные арки, на основе которых возводились своды и купола значительных размеров. Это позволило не только увеличить размеры зданий, но и придать им величественный и монументальный вид.

С появлением обожженного кирпича, которым во многих случаях заменяли, камень, стены, столбы, своды и купола, выполненные из кирпича на растворе и с перевязкой швов, стали более прочными и менее массивными.

Бетон, сталь и железобетон. Бетон первое время применялся в основном как «материал заполнения» в конструкциях из камня и кирпича. До появления стали, а затем и железобетона бетон в строительстве в основном играл второстепенную роль и использовался лишь в конструкциях, работавших на сжатие — в фундаментах, стенах, столбах, арках, куполах и как заполняющий материал. Появление стали вызвало как усовершенствование уже известных конструкций, так и появление новых. Из металла начали возводить крупные многоэтажные здания с каркасной конструктивной системой. Появились металлические колонны, балки, фермы, рамы и арки. Своды и купола, возводимые с применением металлического каркаса, стали еще более внушительными. Появилось много новых металлических инженерных сооружений и принципиально новый тип гражданских зданий повышенной этажности, которые стали называть «небоскребами». Сталь применяли в прошлом и применяют сейчас для большепролетных конструкций и при этом постоянно разрабатываются новые конструктивные решения. К наиболее эффективным относятся висячие (вантовые) конструкции и перекрестно-стержневые пространственные системы («структуры»).

Требования к строительным конструкциям и общие принципы их проектирования.

К конструкциям предъявляются требования, которые они должны выполнять на протяжении всего жизненного цикла: от производства и транспортировки до монтажа и эксплуатации. Основные требования включают прочность, жесткость, устойчивость, а также экономичность и функционально-эксплуатационные характеристики.

Экономичность определяется затратами на материалы, производство, транспортировку, монтаж и обслуживание, а функциональность подразумевает соответствие конструкции ее назначению, удобство и безопасность эксплуатации при минимальных затратах на поддержание.

Несущие конструкции должны отвечать требованиям, предъявляемым к самим зданиям и сооружениям в отношении долговечности, огнестойкости, индустриальности, унификации и др.

Не останавливаясь на подробном описании всех предъявляемых к конструкциям требований, которые являются предметом изучения других дисциплин, ограничимся рассмотрением такого свойства, как *надежность*, т.е. способность конструкции сохранять свои эксплуатационные качества в течение всего срока службы сооружения, а также в период ее транспортирования с заводов на строительную площадку и в момент монтажа. Главным показателем надежности несущей конструкции является безопасная (безаварийная) ее работа под действием внешних нагрузок и различных воздействий, возникающих при эксплуатации (температурных, коррозионных, сейсмических и др.). С понятиями надежности и безопасной работы конструкций тесно связаны такие более частные проявления этих свойств, как прочность, жесткость и устойчивость, которые относятся как к зданиям и сооружениям в целом, так и к отдельно взятым несущим конструкциям. Для того чтобы обеспечить *прочность, жесткость и устойчивость* зданий и их конструкций, выполняются соответствующие расчеты, позволяющие назначить материалы, размеры и формы конструкций и выполнить их соединения такими, чтобы они были надежными и долговечными.

Понятие прочности не однозначно, но если охватить самое существенное, то ее можно определить как неразрушаемость конструкции в течение всего периода ее эксплуатации

Когда говорят о *жесткости* конструкции, прежде всего имеют в виду сопротивляемость деформациям, например прогибам или поворотам сечения. Такие деформации происходят в направлении действия нагрузок. Если они превосходят какие-то значения, установленные нормами, то говорят о недостаточной жесткости или чрезмерной гибкости.

Устойчивость — это сохранение формы конструкции. Так, в случае потери устойчивости конструкция, которая до приложения нагрузки имела одну форму, например прямолинейную, после приложения нагрузки принимает другую — криволинейную. Деформации, возникающие при потере устойчивости, в отличие от изгиба, как правило, не совпадают с плоскостью действия нагрузок

Строительные конструкции представляют собой основу любого здания или сооружения и обеспечивают его прочность, устойчивость, долговечность и безопасность эксплуатации. Рассмотрение общих сведений о конструктивных элементах позволяет систематизировать знания о видах конструкций, принципах их работы, особенностях материалов и условиях применения. Каждый тип конструкции выполняет свою функцию: несущие элементы воспринимают нагрузки, ограждающие обеспечивают защиту внутренней среды, а вспомогательные — поддерживают эксплуатационные требования объекта.

Современные подходы к проектированию базируются на принципах рационального использования материалов, обеспечении надежности и оптимизации конструктивных решений с учетом требований норм и стандартов. Развитие технологий, появление новых материалов и совершенствование методов расчёта способствуют повышению эффективности и безопасности строительных конструкций, расширяя возможности архитектурно-инженерного проектирования.

Заключение. Таким образом, понимание общих принципов работы строительных конструкций является ключевым для подготовки специалистов строительной отрасли, поскольку служит основой для дальнейшего изучения частных видов конструкций, расчётных методик и проектных решений.

Список литературы

1. Сетков, В.И. Строительные конструкции: учебное пособие / В.И. Сетков, Е.П. Сербин. – Москва: ИНФРА-М, 2005. – 448 с.
2. Соловьев, А.К. Основы архитектуры и строительных конструкций: учебник / А.К. Соловьев. – М.: Юрайт, 2014. – 458 с.
3. Маклакова, Т.Г. Архитектура: учебник / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова, В.Г., Шарапенко, А.Е. Балакина. – М.: АСВ, 2004. – 472 с.
4. Шубин, Л.Ф. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. 5. Промышленные здания / Л.Ф. Шубин, И.А. Шубин. – М.: Бастет, 2009. – 310 с.
5. Зайцев, Ю.В. Строительные конструкции: учебник / Ю.В. Зайцев, В.Ф. Промыслов. – М.: Стройиздат, 1985. – 280 с.

УДК 624.154

А.Т. Омурканова, А.Ж. Бекболов, А.О. Бузурманкулов, А.С. Бердибеков, И.Б. Ботугуров
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

A.T. Omurkanova, A.Zh. Bekbolov, A.O. Buzurmankulov, A.S. Berdibekov, I.B. Botugurov
I.Razzakov KSTU, Bishkek Kyrgyz Republic
aziza.omurkanova@kstu.kg

ВИДЫ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПРИМЕНЕНИЕ

КУРУЛУШТАГЫ ЖЕР ТҮРКҮК ПАЙДУБАЛДАРДЫН ТҮРЛӨРҮ: АРТЫКЧЫЛЫКТАРЫ, КЕМЧИЛИКТЕРИ ЖАНА КОЛДОНУЛУШУ

TYPES OF PILES IN CONSTRUCTION: ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND APPLICATIONS

Бул макалада заманбап курулушта колдонулган жер түркүктөрдүн негизги түрлөрү каралат. Анда жер түркүк пайдубалдарынын артыкчылыктары жана кемчиликтери, алардын конструкциялык өзгөчөлүктөрү жана колдонулушу талданат. Өзгөчө көңүл темир-бетон, бургуланган жана буралма жер түркүк пайдубалдарына, ошондой эле заманбап жер түркүк -такта пайдубалдарына бурулат.

Түйүндүү сөздөр: *жер түркүк пайдубалдар, темир-бетон жер түркүктөр, бургуланган жер түркүктөр, буралма жер түркүктөр, ростверк.*

В статье рассмотрены основные виды свай, применяемых в современном строительстве. Проанализированы преимущества и недостатки свайных фундаментов, особенности их устройства и области применения. Особое внимание уделено железобетонным, буронабивным и винтовым сваям, а также современным свайно-плитным фундаментам.

Ключевые слова: *свайные фундаменты, железобетонные сваи, буронабивные сваи, винтовые сваи, ростверк.*

This article examines the main types of piles used in modern construction. It analyzes the advantages and disadvantages of pile foundations, their design features, and applications. Particular attention is paid to reinforced concrete, bored, and screw piles, as well as modern pile-slab foundations.

Key words: *pile foundations, reinforced concrete piles, bored piles, screw piles, grillage.*

Введение. Свайные фундаменты широко применяются в современном строительстве при возведении жилых, общественных, промышленных и гидротехнических сооружений. Их использование особенно эффективно на слабых, водонасыщенных и просадочных грунтах, а также в районах с высокой сейсмической активностью. Применение свай позволяет передавать нагрузки от здания на более прочные слои грунта, обеспечивая устойчивость и долговечность сооружений [1-6].

В последние десятилетия свайные технологии получили широкое распространение благодаря развитию строительной техники и совершенствованию методов устройства фундаментов. Свайные основания позволяют значительно сократить объем земляных работ, уменьшить расход бетона и повысить надежность строительных конструкций.

Свайные фундаменты Свайные фундаменты обычно включают сваи и соединяющий их ростверк, но в ряде случаев ростверк может отсутствовать. Сваи в фундаментах под стены зданий обычно располагаются параллельными рядами (обычно в 1…4 ряда в зависимости от погонной нагрузки и несущей способности принятых свай). При восприятии сосредоточенных нагрузок от отдельных опор сваи располагаются «кустами» (чаще всего по 4…12 свай). Если несущая способность свай достаточно высока или сосредоточенная нагрузка мала, можно ограничиваться одной сваей под опору («односвайный фундамент»). В частности, при нагрузках на опору менее 300кН очень эффективными могут быть сваи-колонны, выполняющие одновременно функции фундамента и колонны.

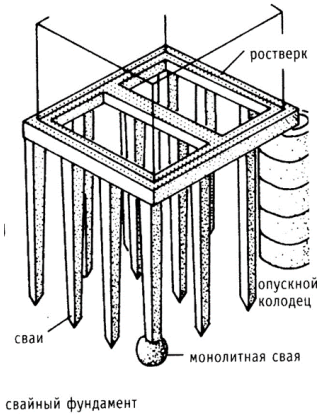


Рисунок 1 - Свайный фундамент

Ростверки выполняются из монолитного, реже сборного железобетона. Если ростверк опирается непосредственно на грунт, он называется низким если между ним и грунтом остается зазор – высоким. В ряде случаев могут быть наиболее эффективными безростверковые свайные фундаменты: на сваях монтируются железобетонные наголовники (на строго заданных отметках), и надземные конструкции опираются непосредственно на них.

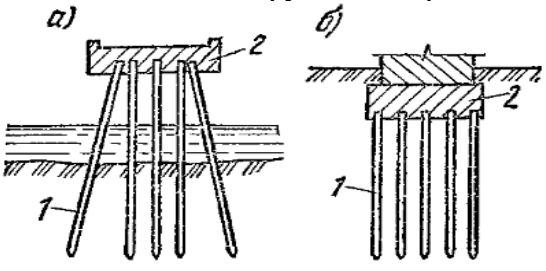


Рисунок 2 - Свайные конструкции
а — с высоким ростверком; б — с низким ростверком; 1 — сваи; 2 – ростверк

Последние десятилетия разработано много новых конструкций свайных фундаментов, которые экономически более эффективны, чем традиционные типы.

В настоящее время сваи изготовляются в основном из железобетона. В отдельных случаях могут использоваться другие материалы (дерево, сталь), но это бывает редко. В мировой практике известно около 500 видов свай, однако, широкое применение имеют лишь очень малая их часть. Существуют различные классификации свай, среди которых в первую очередь следует назвать разделение свай *по месту их изготовления*:

- сваи, изготовляемые на заводе, доставляемые в готовом виде на строительную площадку, и погружаемые в грунт забивкой, вибрированием или вдавливанием (такие сваи обычно называют «забивными» независимо от способа погружения)
- сваи, изготовляемые непосредственно на строительной площадке (с использованием специальных машин и монолитного бетона).

Монтаж свайных фундаментов сокращает примерно на 80% объём земляных работ по сравнению с ленточными фундаментами, а также снижает количество используемого бетона примерно на 40%. Необходимость понижения уровня воды на участке и затраты для подготовки основания под свайные фундаменты в принципе отпадает.

Различаются сваи по таким параметрам:

– по конфигурации сечения;
– материалу изготовления;
– по несущим нагрузкам;
– по направленности;
– по расположению;
– по способу устройства и прочим параметрам.

Располагаться в земле сваи могут в вертикальном или наклонном положении.

Сечение свай может иметь форму круга, квадрата, многоугольника или быть полыми.

- по форме поперечного сечения – рис.3 (а, б, в – типовые)
- по форме продольного сечения

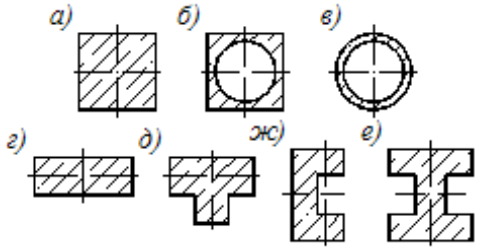


Рисунок 3 - Сечения железобетонных свай:
а – квадратной; б – квадратной с круглой полостью; в – полое цилиндрическое сечение; г- прямоугольной; д – тавровой; е – двутавровой; ж- швеллерной

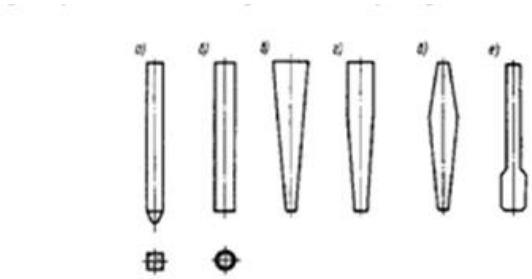


Рисунок 4 - Железобетонные сваи различного профиля:
а- призматические; б – цилиндрические; в- пирамидальные; г – трапецеидальные; д – ромбовидные; е – с уширенной пятой (булавовидные)

- *по способу армирования на сваи:*

1) с ненапрягаемой арматурой и с предварительно напряженной продольной арматурой

2) с поперечным армированием и без него

По несущим нагрузкам сваи подразделяются на:

- сваи-стойки, оказывают давление на грунт, передавая ему все нагрузки, действующие на сваю.
- висячие, оказывают давление на грунт своими боковыми гранями за счет силы трения между сваей и грунтом.

В строительстве крупных объектов сваи и свайные фундаменты погружаются в грунт разными способами: забивкой; бурозабивкой; буроопусканием; завинчиванием; вибропогружением; вдавливанием; с подмывом в нижней части сваи грунта, комбинированным – электростатическим, виброударным и другими.

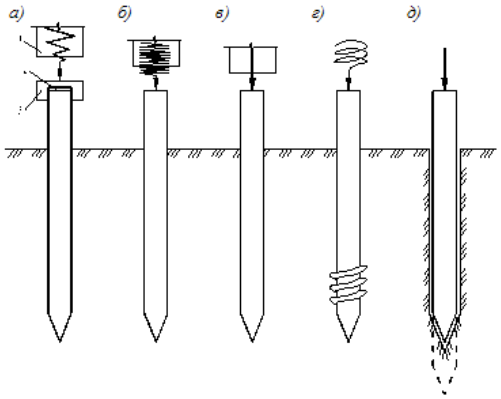


Рисунок 5 - Способы погружения свай:
а – забивка; б – вибропогружение; в – задавливание; г – завинчивание; д- погружение в лидер (в очень плотных грунтах, промерзших грунтах); 1- молот; 2- металлический оголовок; 3- деревянная или резиновая прокладка (для смягчения удара)

Ударным способом, в основном, забиваются сваи при помощи сваебойных установок. Для такого метода подходят все грунты, кроме скальных пород. Вдавить сваю в грунт можно, только если он по своей структуре мягкий.

Вибрацией погружают сваи, если на участке грунты влажные, пластичные или сыпучие.

Винтовые сваи можно использовать на грунтах любой структуры. Здесь, кроме силы вдавливания, используется сила вращения. Конструкция сваи своим внешним видом напоминает огромный шуруп, так как на металлической полой трубе приварено винтовое ребро, заостренное книзу.

В жилищном малоэтажном строительстве свайный фундамент забивной практически не применяется. Его с успехом заменяет фундамент из буронабивных свай, которые устраиваются непосредственно на месте строительства. Для этого в размеченных местах бурят скважины, в которые устанавливают арматурные каркасы и заливают бетон необходимой марки.

Если в месте устройства свай грунт сыпучий, то в скважину вставляется рубероидная или толевая рубашка. Иногда устанавливают обсадную трубу, которую после застывания бетона вынимают из скважины, или оставляют в земле, тем самым повышая прочность залитой сваи.

Применение свайных фундаментов *имеет свои преимущества:*

- свайные фундаменты могут возводиться на грунтах любой сложности;
- снижается объем земляных работ, так как не нужно копать котлованы или рыть траншеи;
- уменьшается расход бетона и арматуры за счет уменьшения всего объема фундамента;
- производить фундаментные работы можно круглый год, не исключая зимний период;
- конструкции, возводимые на свайных фундаментах, отличаются особой стойкостью к паводкам, подвижкам грунта вследствие зимнего вспучивания.

Однако, несмотря на все преимущества свайных фундаментов, возводятся они крайне редко в индивидуальном жилищном строительстве по причине высокой стоимости транспортных расходов на доставку свай и из-за использования сваебойной техники.

Классификация фундаментов происходит по многочисленным признакам, это зависит:

- от вида свай;
- от расположения свай — отдельностоящие сваи, расположенные кустом, ленточное расположение, сплошное поле свай;
- от типа сопряжения сваи со строящимся зданием- с устройством ростверка или без него;
- от вида ростверка – высокий или низкий;
- от конструкции ростверка – монолитный, сборный или комбинированный;
- от вида соединения ростверка со сваями – жесткое, свободное опирание, с устройством сейсмических поясов.

Среди типов свайных фундаментов наиболее часто применяются железобетонные сваи, которые сочетают в себе свойства висячих свай и свай-стоек.

При возведении каркасных многоэтажных зданий применяются *свайно-плитные фундаменты.* Такое решение конструкторов обусловлено в тех районах, где сейсмическая обстановка неустойчивая и есть риск подвижек грунта при землетрясениях. Суть этого инженерного изобретения заключается в создании необходимой жесткости свай и железобетонной плиты, которые обеспечивают совместную деформацию элементов фундамента при сейсмических нагрузках.

Сваи устраиваются кустовым методом, после чего делается ростверк с выпуском арматуры для последующего крепления тонкой железобетонной плиты. Между ростверком и бетонной плитой устраивается шов из герметичного материала, который обеспечивает независимость осадки здания, гидроизоляцию конструкции, одновременно реагирует на сейсмические изменения в почве.

Свайный фундамент под колонны, если проектом дома таковые предусмотрены, делается безростверковым. Под колонны используются готовые конструкции в виде железобетонных стаканов, оголовков или насадок.

Для небольших по своей массе строений – заборов, навесов, каркасных домов применяются *сваи колонны*. Это забивная свая круглого или квадратного сечения, которая является продолжением колонны и в надземной части здания или сооружения. В этом случае устраивать ростверк не требуется.

Железобетонные свайные фундаменты могут иметь *монолитную и сборную конструкцию.* Монолитные в свою очередь изготовляют прямоугольного и квадратного сечения. Размеры квадратных свай варьируются в пределах от 20×20 см до 40×40 см, прямоугольные конструкции обычно обладают размерами сторон 25×50 см или 20х40 см.

Длина сваи определяется без учета размеров заострения и назначается кратной 0,5 м, если речь идет о конструкциях длиной в 3-6 м и кратной 1 м для более длинных свайных систем. Широко используются квадратные сваи, имеющие цилиндрическую полость внутри и размер 25×25 см или 30×30 см при толщине стенки не менее 4 см.

Продольное армирование железобетонных свай выполняется с помощью стальной стержневой арматуры обычно периодического профиля с диаметром более 12 мм. Поперечное армирование выполняется низкоуглеродистой проволокой или катанкой толщиной более 5 мм. Шаг укладки поперечной арматуры на концах сваи равен 5 см, в середине увеличивают до 10 см. Концы продольной арматуры отгибаются к оси и объединяются в пучок, который в дальнейшем заключается в обойму.

В случаях ведения строительства свайных фундаментов на твердых грунтах заостренная часть усиливается стальным башмаком. Главная часть конструкции, на которую приходится ударная нагрузка при забивке, усиливается 3-мя сетками, размещаемыми на расстояниях 50 мм друг от друга, перпендикулярно оси.

Полые круглые сваи диаметром до 800 мм применяются с открытым и закрытым нижним концом.

На последней стадии погружения полой круглой сваи оставляют ненарушенным грунтовый сердечник высотой не менее двух наружных диаметров сваи.

Сваи, открытые снизу, могут иметь различную конструкцию обрамления нижнего конца. Если сваи намечается погружать сквозь толщу слабых грунтов, не имеющих посторонних включений, с опиранием на малосжимаемые грунты без большого заглубления в них, то нижние концы свай допускается не обрамлять стальными ножами, ограничившись усилением их на высоту двух наружных диаметров путем уменьшения шага поперечной (спиральной) арматуры.

Сваи-оболочки погружаются с открытым нижним концом вибропогружателями без выемки или с выемкой грунта (частичной или полной) из внутренней полости.

Внутренняя полость свай-оболочек заполняется бетоном на всю высоту или только в нижней части, а также частично песчаным грунтом, а в верхней части — бетоном. Решение о том или ином виде заполнения принимается в зависимости от величины действующих на сваи нагрузок, характера грунтовых напластований, глубины заложения подошвы ростверка, глубины промерзания грунтов и т.п.

Железобетонные и бетонные сваи, железобетонные сваи-оболочки и сваи-столбы следует проектировать из тяжелого бетона.

Марка бетона по прочности на сжатие для забивных свай и свай-оболочек должна приниматься не ниже проектной, установленной государственными стандартами на сваи и сваи-оболочки.

Для набивных свай, свай-столбов и различных видов забивных свай без предварительного напряжения, на которые отсутствуют государственные стандарты, должен предусматриваться бетон проектной марки не ниже М200, а для предварительно-напряженных — не ниже М300.

Заключение. Свайные фундаменты являются эффективным решением для строительства на сложных грунтах и в условиях повышенных нагрузок. Разнообразие видов свай позволяет выбирать оптимальное конструктивное решение в зависимости от инженерно-геологических условий и назначения объекта.

Современные технологии устройства свайных фундаментов способствуют повышению надежности, экономичности и долговечности зданий и сооружений.

Список литературы

1. Абраменков Э.А., Грузин В.В. Средства механизации для подготовки оснований и устройства фундаментов. Новосибирск, Изд. НГАСУ, 2009.

2. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Теория, расчёт и конструкции. 2-е изд. перераб. М.: Машиностроение, 1973.

3. Месчян С.Р Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения (с учетом временных эффектов). М. Недра, 2004.

4. Штоль, Т.М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов / Т.М. Штоль. - М.: Стройиздат, 1990. – 288 с.

5. Руденко – Моргун, И.Я., Технология свайных работ / И.Я.Руденко – Моргун, И. И. Чичерин. – М.: Стройиздат, 1983. – 96 с.

6. Смородинов, М.И. Свайные работы /. М.И. Смородинов - М.: Стройиздат, 1988 – 233 с.

УДК 656.135.5

В.И. Данченков, А.С. Уметалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.I. Danchenkov, A.S. Umetaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
pravo.bravo.13@gmail.com

ИННОВАЦИОННЫЙ ИИ-КОНТРОЛЕР ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ

ТОО-КЕН ИШТЕРИНДЕГИ ТРАНСПОРТТУК ПРОЦЕССТЕРДИ ДИНАМИКАЛЫК ОПТИМИЗАЦИЯЛОО ҮЧҮН ИННОВАЦИЯЛЫК ЖИ-КОНТРОЛЕР

INNOVATIVE AI CONTROLLER FOR DYNAMIC OPTIMIZATION OF TRANSPORT PROCESSES IN MINING OPERATIONS

Азыркы учурда пайдалуу кендерди ачык ыкма менен казып алуучу көптөгөн тоо-кен ишканалары карьердик самосвалдарды өндүрүштүк тапшырмалар боюнча бөлүштүрүү үчүн диспетчердик системаларды колдонуунун зарылдыгын түшүнүштү. Бирок бул ыкмалар негизинен өндүрүштүк чыгымдарды азайтуу максатында карьердик самосвалдарды бөлүштүрүүгө багытталган жана казылып алынган руданы орточолоштуруу (аралаштыруу) маселесин эске албайт. Ошондуктан алар руданы аралаштыруу жана диспетчерлөө боюнча эки тараптуу талаптарды толук канааттандыра албайт. Жогоруда айтылган техникалык көйгөйлөрдү чечүү жана заманбап карьерлердин руданы аралаштыруу жана диспетчерлөө боюнча практикалык муктаждыктарын камсыз кылуу үчүн бул макалада ачык тоо-кен иштеринде карьердик самосвалдардын транспорттук процесстерин башкаруу үчүн руданы динамикалык орточолоштуруу чечимдерине негизделген диспетчердик система сунушталат. Бул система 4G/5G тармактары, Кытайдын BeiDou Navigation Satellite System спутниктик навигациялык системасы жана буюмдардын интернети (IoT) технологияларынын негизинде иштейт. Ал карьердик самосвалдарды оптималдаштырылган түрдө диспетчерлөөгө гана эмес, ошондой эле төмөнкү деңгээлдеги байытуу фабрикаларынын руда сапатына болгон талаптарын да камсыз кылууга мүмкүндүк берет. Бул система Кытайдагы Qidashan Mine кенинде, Ansteel Group тарабынан ийгиликтүү ишке киргизилген.

Түйүндүү сөздөр: *ачык тоо-кен иштери, самосвалдарды диспетчерлөө системасы, руданы орточолоштуруу, ЖИ-контроллер, динамикалык оптималдаштыруу, транспорттук процесстер.*

В настоящее время многие горные предприятия открытой добычи полезных ископаемых осознали необходимость использования диспетчерских систем для распределения карьерных самосвалов по производственным задачам. Однако эти методы в основном предназначены для распределения карьерных самосвалов с целью снижения производственных затрат без учета проблемы усреднения (смешения) добываемых руд, и поэтому они не могут удовлетворить двойную потребность в смешении и диспетчеризации. Для решения вышеуказанных технических проблем и удовлетворения фактических потребностей

современных карьеров в смешении руды и диспетчеризации, в данной статье предлагается к исследованию система диспетчеризации транспортных процессов работы карьерных самосвалов для открытых горных разработок, основанная на динамических решениях по усреднению руды, поддерживаемая сетью 4G/5G, спутниковой системой "Бэйдоу" и технологиями Интернета вещей, которая позволяет не только реализовать оптимизированную диспетчеризацию самосвалов карьера, но и удовлетворить требования нижестоящих обогатительных фабрик к качеству руды. Система была успешно внедрена на карьере QIDASHAN группы Ansteel, Китай.

Ключевые слова: *открытые горные разработки, система диспетчеризации самосвалов, усреднение руды, ИИ-контролер, динамическая оптимизация, транспортные процессы.*

Currently, many open-pit mining enterprises have realized the need to use dispatching systems for allocating quarry dump trucks according to production tasks. However, these methods are mainly designed to distribute quarry dump trucks with the aim of reducing production costs without taking into account the problem of ore blending (averaging), and therefore they cannot satisfy the dual need for both blending and dispatching. To solve the above technical problems and meet the actual needs of modern quarries in ore blending and dispatching, this paper proposes a system for dispatching the transport processes of quarry dump trucks in open-pit mining. The system is based on dynamic ore blending solutions and is supported by 4G/5G networks, the BeiDou satellite navigation system, and Internet of Things (IoT) technologies. It not only enables optimized dispatching of quarry dump trucks but also meets the requirements of downstream processing plants for ore quality. The system has been successfully implemented at the QIDASHAN quarry of the Ansteel Group in China.

Key words: *open-pit mining, dump truck dispatching system, ore blending, AI controller, dynamic optimization, transport processes.*

1. Введение. В процессе производства на открытых горных разработках стоимость экскавации и транспортировки рудной массы составляет более 50% от стоимости всего производства на карьере. С непрерывным продвижением строительства интеллектуальных рудников многие предприятия и исследовательские институты провели большую исследовательскую работу по вопросу рационального и эффективного использования погрузочно-транспортного оборудования транспортных процессов карьерных работ для раскрытия потенциала оборудования и предложили множество методов диспетчеризации вышеуказанной деятельности с положительными результатами.

Недостатки существующих исследований заключаются в том, что методы в основном предназначены для распределения самосвалов с целью снижения производственных затрат без учета проблемы усреднения добываемых руд.

Усреднение руд – это технологический процесс смешивания различных порций руды (богатой, бедной, разного состава) для получения однородного сырья с заданным содержанием полезных компонентов. На некоторых карьерах план усреднения руды составляется перед каждой рабочей сменой и передается диспетчеру карьерных самосвалов для выполнения.

Однако часто случается так, что экскаватор не может участвовать в производстве из-за поломок и других причин, например, содержание полезного компонента вблизи экскаватора сильно варьируется или выходит из строя дробилка крупного дробления. В таких случаях возникает несоответствие между целевыми показателями усреднения и фактическими результатами.

Существующие методы диспетчеризации карьерных самосвалов для открытых горных разработок не могут удовлетворить двойные требования усреднения руды и диспетчеризации карьерных грузовиков в производстве на карьерах.

Для решения указанных проблем предлагается система диспетчеризации функционирования карьерных самосвалов для открытых горных разработок, основанная на динамических

решениях по усреднению руды и оптимизации показателей транспортных процессов работы карьерных самосвалов и экскаваторов на горнорудном месторождении.

Система позволяет не только реализовать оптимизированную диспетчеризацию думпкаров в производстве на карьере, но и удовлетворить требования нижестоящих обогатительных фабрик к качеству руды. Внедрение ИИ-контролера позволяет автоматизировать процессы мониторинга и корректировки, обеспечивая более высокую эффективность и снижение рисков простоев [1].

Данная система была разработана, протестирована в рабочем порядке и предложена к промышленному внедрению группой китайских научных и промышленных специалистов в составе следующих лиц: Цзян Яо, Чжунцян Ван, Хунбинь Чен, Вэйгай Хоу, Сяомяо Чжан, Сюй Ли и Вэйсин Юань, представляющих колледж ресурсов и гражданского строительства Северо-Восточный университет, Шеньян, Китай, Китайскую академию наук, компанию Allwin Technologe Co Ltd, Шеньян Китай, горно-исследовательский институт, Аньшань Китай

2. Обзор литературы и постановка задачи. В процессе подготовки данного доклада, мне пришлось проанализировать достаточно большое количество исследовательских материалов по тематике выступления. В области оптимизации усреднения руды многие ученые активно предлагали использовать линейное программирование (ЛП) для оптимизационного моделирования производственного планирования и решили многие проблемы усреднения руды на рудниках.

Лю и др. [2] предложили модель на основе ЛП, которая решила проблемы смешения руды на железных рудниках и проблемы контроля качества руды.

Яо и др. [3] предложили метод смешивания железной руды с множественными источниками и множественными целями при производстве на открытых разработках, позволяющий одному руднику поставлять руду как на одну обогатительную фабрику, так и на несколько фабрик.

Ахумада и др. [4] описали распределенный подход, основанный на мультиагентных системах, для обеспечения точного диспетчерского решения.

Ся и др. [5] предложили эффективный многокритериальный метод динамической диспетчеризации, который будет динамически корректировать назначения транспортных средств в зависимости от мониторинга системы в реальном времени.

Решение для диспетчеризации автопарка на основе обучения с подкреплением, предложенное хо и др. [6], позволяет снизить прямые выбросы с существующим оборудованием.

В предлагаемой исследователем хо технологии это, во-первых, решает проблемы несоответствия между скоростью движения и траекторией транспортных средств с ручным управлением, несоответствия времени, необходимого для движения по одному и тому же пути, и проблемы невозможности системы диспетчеризации своевременно получать информацию о местоположении. Во-вторых, решается проблема неравномерной загрузки в зонах погрузки и разгрузки, вызванная невозможностью прогнозирования.

Наконец, была реализована разумная организация транспортных потоков. У пользователей есть множество вариантов выбора, и поэтому они могут эффективно выбирать подходящую схему диспетчеризации в соответствии с фактическими потребностями. Кроме того, при расчете расстояния между пунктом погрузки и пунктом разгрузки учитывается степень загруженности дорог в реальном времени, что позволяет эффективно экономить время в пути.

Для решения вышеуказанных технических проблем безубыточного осуществления транспортных процессов карьера, удовлетворения фактических потребностей современных карьеров в усреднении руды и координации существующего конфликта между усреднением руды и диспетчеризацией карьерных самосвалов на месторождении, предлагается принять за основу наиболее оптимальную систему диспетчеризации самосвалов для открытых горных разработок, систему TDS, предлагаемую группой ученых и практиков из г.Шеньян, Китай

Система основана на динамических решениях по усреднению руды и оптимизации показателей транспортных процессов работы карьерных самосвалов и экскаваторов на горнорудном месторождении. Внедрение ИИ-контролера позволяет интегрировать данные в

реальном времени, обеспечивая адаптивную корректировку планов и минимизацию потерь от нештатных ситуаций, таких как поломки оборудования или изменения в содержании руды.

3. Материалы и методы исследования. Система диспетчеризации самосвалов для открытых горных разработок основана на динамическом принятии решений по усреднению руды. Вся система состоит из интеллектуального модуля усреднения руды (IOBM), интеллектуального модуля диспетчеризации самосвалов (ITDM), интеллектуального 3D цифрового геологического модуля (I3DDGM), бортового терминала и коммуникационной сети.

IOBM динамически генерирует план усреднения руды с ограничениями в виде максимальной производительности и кратчайшего расстояния транспортировки.
ITDM выполняет полученный план усреднения руды.

I3DDGM предназначен для отправки данных о содержании полезного компонента в месте нахождения экскаватора, участвующего в усреднении, в IOBM. Бортовой терминал получает команды диспетчеризации и информацию обратной связи, отправленные
ITDM. Коммуникационная сеть обеспечивает связь между экскаватором, самосвалом и ITDM. IOBM использует максимальную производительность и кратчайшее расстояние транспортировки в качестве ограничений и одновременно удовлетворяет требованиям к содержанию полезного компонента в пункте разгрузки руды для динамической генерации плана усреднения руды.

План усреднения руды перечисляет пропорции транспортировки руды от каждого экскаватора к каждому пункту разгрузки руды, и экскаваторы и самосвалы работают в соответствии с этой пропорцией; а также прогноз содержания полезного компонента, который может быть получен на каждом пункте разгрузки. Динамический характер означает не только генерацию плана усреднения руды перед каждой производственной сменой, но и регенерацию плана усреднения руды в случае выхода экскаватора из строя или слишком большого отклонения содержания полезного компонента в пункте разгрузки.

I3DDGM хранит данные о содержании полезного компонента в рудном теле всего карьера и может отправлять данные о содержании в месте нахождения экскаватора в IOBM через интерфейс данных. Бортовой терминал устанавливается в кабине экскаватора и самосвала для выполнения функций позиционирования, выдачи диспетчерских команд и обратной связи информации.

Коммуникационная сеть включает беспроводную сеть 4G/5G, главную станцию и ретрансляционную станцию для передачи данных. Метод диспетчеризации самосвалов на открытых горных разработках, основанный на динамическом принятии решений по усреднению руды, включает шаги по получению плана усреднения, установке приоритетов, диспетчеризации самосвалов и расчету пропорций. Для реализации метода требуется технология беспроводной сети 4G/5G, спутниковая навигационная система "Бэйдоу" и протокол MQTT для управления данными. ИИ-контролер интегрирует машинное обучение для прогнозирования загруженности и корректировки маршрутов в реальном времени, что повышает точность и адаптивность системы.

4. Результаты и их обсуждение. Система была внедрена на карьере QIDASHAN группы Ansteel в течение одного года. Вся основная информация о транспортных процессах на карьере расположена на экране монитора диспетчеризации в реальном времени, через который пользователь может видеть данные об оперативном контроле транспортной ситуации всего карьера в реальном времени.

В левой части экрана находится список оборудования, включая 24 самосвала, четыре экскаватора, а также список резервных самосвалов и резервных экскаваторов. В центре экрана находится информация о диспетчеризации в реальном времени, включая список самосвалов от каждого экскаватора к каждому пункту разгрузки и список самосвалов от каждого пункта разгрузки к каждому экскаватору.

Красный самосвал указывает на то, что положение оборудования долгое время не менялось во время транспортировки. В правой части экрана отображается информация о

погрузке и разгрузке самосвалов, включая самосвалы, загружающие руду экскаватором, и самосвалы, разгружающие руду в пункте разгрузки.

Статистическая информация включает текущую бригаду, текущую смену, время транспортировки породы и руды, расстояние транспортировки и производительность. Состояние самосвалов и экскаваторов в основном включает текущее количество работающих и готовых самосвалов/экскаваторов, а также неисправности.

Карьер QIDASHAN является крупным предприятием по добыче железной руды открытым способом с годовой проектной производственной мощностью 51 миллион тонн. В настоящее время основное производственное оборудование карьера QIDASHAN включает 16 буровых станков, 20 экскаваторов и 54 самосвала.

В сценарии работы пяти экскаваторов по погрузке руды и двух пунктов разгрузки руды в смену система реализует функцию диспетчеризации самосвалов.

Предложенная система и метод имеют две основные инновации.

Во-первых, первоначальная версия плана усреднения руды генерируется перед каждой производственной сменой и отправляется в TDS (центр диспетчеризации) для выполнения. Результаты отслеживаются в реальном времени в процессе производства. Когда отклонение между результатами и планом велико, план может быть динамически скорректирован, а отклонение исправлено для достижения наилучших результатов, что объединяет результаты усреднения руды и результаты диспетчеризации.

Во-вторых, если экскаватор выходит из строя в процессе производства, план усреднения руды может быть пересмотрен, чтобы быть более приближенным к реальной производственной площадке. Применение этого метода способствовало стабильности содержания руды, подаваемой с карьера на обогатительные фабрики для дальнейшего обогащения.

Ограничения включают приблизительную оценку веса руды и отсутствие учета факторов, таких как погода. Дальнейшие исследования планируют разработку метода генерации дорожной сети и интеграцию с автономными самосвалами. ИИ-контролер позволил снизить время простоев на 5,5% и повысить общую производительность, подтвердив эффективность динамической оптимизации в реальных условиях эксплуатации. Обсуждение результатов показывает, что интеграция ИИ повышает адаптивность системы к изменяющимся условиям карьера, минимизируя риски и оптимизируя ресурсопотребление.

5. Выводы. Система позволяет не только реализовать оптимизированную диспетчеризацию карьерных самосвалов в производстве на карьере, но и удовлетворить требования нижестоящих обогатительных фабрик к качеству руды.

Доля карьерных самосвалов, диспетчеризируемых через систему, достигла более 70%. Производительность самосвалов увеличилась с 3,79 до 4 миллионов тонно-километров на единицу в год, а эффективность повысилась на 5,5%. Система и метод объединяют усреднение руды с диспетчеризацией самосвалов, обладают функцией динамической оптимизации в нештатных ситуациях и обеспечивают соблюдение требований к качеству руды, максимальной производительности и кратчайшему расстоянию транспортировки.

В будущем система может быть объединена с беспилотными самосвалами для беспилотной работы. ИИ-контролер подтверждает потенциал для дальнейшего развития в горнодобывающей отрасли.

Список литературы

1. Jiang Yao, Zhiqiang Wang, Hongbin Chen, Weigang Hou, Xiaomiao Zhang, Xu Li, Weixing Yuan Open-Pit Mine Truck Dispatching System Based on Dynamic Ore Blending Decisions. Sustainability 2023, 15, 3399. https://doi.org/ 10.3390/su15043399

2. Liu, W.S.; Li, F.P. Iron Ore Blending Based on Linear Programming. Appl. Mech. Mater. 2014, 443, 657–661.

3. Yao, J.; Liu, C.; Huang, G.; Xu, K.; Yuan, Q. Multi-Source and Multi-Target Iron Ore Blending Method in Open Pit Mine. Arch. Min. Sci. 2022, 67, 631–644.

4. Ahumada, G.I.; Riveros, E.; Herzog, O. An Agent-based System for Truck Dispatching in Open-pit Mines. In Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART), Valletta, Malta, 22–24 February 2020; pp. 73–81.

5. Xia, B.; Tian, T.; Gao, Y.; Zhang, M.; Peng, Y. A Dynamic Dispatching Method for Large-Scale Interbay Material Handling Systems of Semiconductor FAB. Sustainability 2022, 14, 13882.

6. Huo, D.; Sari, Y.A.; Kealey, R.; Zhang, Q. Reinforcement Learning-Based Fleet Dispatching for Greenhouse Gas Emission Reduction in Open-Pit Mining Operations. Resour. Conserv. Recycl. 2023, 188, 106664

УДК 658.155:622.012.2

В.И. Данченков, А.С. Уметалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.I. Danchenkov, A.S. Umetaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
pravo.bravo.13@gmail.com

ИНТЕГРАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ФИНАНСОВУЮ АРХИТЕКТУРУ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ТОО-КЕН КАЗЫП АЛУУЧУ ИШКАНАЛАРДЫН ФИНАНСЫЛЫК АРХИТЕКТУРАСЫНА ТОБОКЕЛДИКТЕРДИ БАШКАРУУ СИСТЕМАСЫН ИНТЕГРАЦИЯЛОО

INTEGRATION OF RISK MANAGEMENT INTO THE FINANCIAL ARCHITECTURE OF MINING ENTERPRISES

*Бул макалада тоо-кен казып алуучу ишканалардын финансылык архитектурасына тобокелдиктерди башкаруу системасын интеграциялоонун зарылдыгы негизделет. Геологиялык маалыматтардын толук эместиги менен шартталган **«тоо-кен тобокелдигинин»** өзгөчөлүгү жана анын финансылык туруктуулукка тийгизген таасири талданат. Тоо-кен тармагына мүнөздүү болгон тобокелдиктердин негизги түрлөрү, ошондой эле аларды сапаттык жана сандык баалоонун заманбап ыкмалары каралат. Эл аралык International Organization for Standardization **ISO 31000** стандартына ылайык тобокелдиктерди баалоонун сапаттык жана сандык ыкмаларын бириктирүүчү мамиле сунушталат. Бул ыкма жогорку белгисиздик шарттарында инвестициялык чечимдердин ишенимдүүлүгүн жана финансылык системалардын туруктуулугун камсыз кылуунун негизи катары каралат.*

Түйүндүү сөздөр: *тобокелдиктерди башкаруу, финансылык туруктуулук, тоо-кен тобокелдиги, инвестициялык долбоорлор, ISO 31000, тобокелдиктерди сандык баалоо.*

В статье обосновывается необходимость интеграции системы управления рисками в финансовую архитектуру горнодобывающих предприятий. Анализируется специфика «горного риска», обусловленная неполнотой геологической информации, и его влияние на финансовую устойчивость. Рассматриваются основные виды рисков, характерные для горной отрасли, а также современные методы их качественной и количественной оценки. Предлагается подход к объединению качественных и количественных методов оценки рисков в соответствии с международным стандартом ISO 31000 как основы для обеспечения надежности инвестиционных решений и устойчивости финансовых систем в условиях высокой неопределенности.

Ключевые слова: *управление рисками, финансовая устойчивость, горный риск, инвестиционные проекты, ISO 31000, количественная оценка рисков.*

The article substantiates the necessity of integrating the risk management system into the financial architecture of mining enterprises. The specifics of "mining risk" due to incomplete geological information and its impact on financial stability are analyzed. The main types of risks characteristic of the mining industry, as well as modern methods of their qualitative and quantitative assessment, are considered. An approach to combining qualitative and quantitative risk assessment methods in accordance with the international standard ISO 31000 is proposed as a basis for ensuring the reliability of investment decisions and the stability of financial systems under conditions of high uncertainty.

Key words: *risk management, financial stability, mining risk, investment projects, ISO 31000, quantitative risk assessment.*

Введение. Современная экономическая среда характеризуется высокой степенью неопределенности, стремительной цифровизацией производственных процессов и ростом регуляторного давления, что требует от предприятий всех секторов национальной экономики пересмотра подходов к управлению рисками.

Горнодобывающая промышленность, являясь основой ресурсного обеспечения многих стран, включая Кыргызскую Республику, обладает уникальной спецификой, где фактор неопределенности заложен в самой природе объекта деятельности-недрах. Ключевой особенностью здесь выступает так называемый «горный риск», возникающий из-за неполноты знаний о структуре месторождения, его геологических характеристиках и условиях залегания полезного ископаемого.

Эта особенность напрямую влияет на финансовые показатели, стоимость инвестиционных проектов и общую устойчивость компании. Как справедливо отмечается в исследованиях, посвященных управлению рисками в горной отрасли, недропользователь, обладая всей полнотой информации о находящихся в его распоряжении машинах, механизмах и технологиях, в то же время никогда не обладает исчерпывающими знаниями о строении недр, в пределах которых он осуществляет свою деятельность [1]. Это приводит к возникновению непрерывного дополнительного фактора риска, который принято называть «горным риском».

В последние годы структура бизнес-рисков в горнодобывающей отрасли претерпела значительные изменения. Если в начале 2000-х годов основное внимание уделялось рыночным и производственным рискам, то сегодня на первый план выходят геополитические риски, риски получения «свободной» лицензии на производство, киберриски, а также риски, связанные с изменением климата и ужесточением экологических требований [2]. В этих условиях традиционные подходы к управлению рисками, основанные преимущественно на качественных методах и фрагментарном учете факторов неопределенности, оказываются недостаточно эффективными.

Целью данной статьи является обоснование необходимости интеграции систем управления рисками в финансовую архитектуру горнодобывающих предприятий как основополагающего условия обеспечения их устойчивости.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать специфику рисков горнодобывающей отрасли, оценить существующие подходы к их идентификации и классификации, рассмотреть современные методы количественной оценки рисков, а также предложить концептуальную модель интеграции риск-менеджмента в финансовое планирование и стратегическое управление предприятием.

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации подходов к управлению рисками в горной отрасли и обосновании необходимости их интеграции в финансовую архитектуру предприятия.

Практическая значимость работы состоит в разработке рекомендаций по совершенствованию систем управления рисками на горнодобывающих предприятиях с целью повышения их финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности.

Обзор литературы. Проблематика управления рисками в горнодобывающей промышленности широко представлена в зарубежной и отечественной научной литературе. Фундаментальные работы в области управления проектами и рисками, такие как исследования С.А. Абделя (S.A. Abdel), закладывают основу для количественной оценки рисков в горных проектах, рассматривая финансовые риски как неотъемлемую часть процесса принятия стратегических решений [3].

Автор подчеркивает, что традиционные методы оценки инвестиционных проектов, основанные на детерминированных показателях, не позволяют в полной мере учесть всю совокупность рисков, присущих горнодобывающей отрасли.

В работах О. Бертоли, С. Джексона и Дж. Ванна (O. Bertoli, S. Jackson, J. Vann) рассматриваются геостатистические методы моделирования для количественной оценки рисков, связанных с ресурсной базой [4]. Авторы отмечают, что использование условного моделирования (conditional modelling) позволяет не только оценить вероятные вариации запасов полезных ископаемых, но и проиллюстрировать риск на источнике, что имеет критическое значение для принятия инвестиционных решений.

Значительный вклад в развитие методологии управления рисками вносит международный стандарт ISO 31000, который предлагает универсальные принципы и руководство по созданию систем риск-менеджмента [10].

Стандарт определяет риск как «влияние неопределенности на цели» и рекомендует организациям создавать системы управления рисками для интеграции процессов управления рисками в структуры управления, стратегическое планирование, системы отчетности, политику, ценности и культуру.

В работах российских и зарубежных авторов, таких как М. МакКелви (M. McKelvey), Г. Буенсторф (G. Buenstorf) и А. Брострем (A. Broström), исследуются инновационные аспекты управления рисками в горной отрасли, включая анализ потенциальных проблем (potential problem analysis) как практический метод оценки рисков [5]. Авторы подчеркивают, что эффективное управление рисками требует не только идентификации и оценки факторов неопределенности, но и разработки превентивных мер, направленных на минимизацию возможных негативных последствий.

В последние годы появились исследования, посвященные применению современных методов количественной оценки рисков, таких как анализ чувствительности, имитационное моделирование Монте-Карло и анализ реальных опционов (Real Options Analysis), в горнодобывающей промышленности. Р. Хойбергер (R. Heurberger) отмечает, что эти методы позволяют перейти от качественного анализа рисков к вероятностной оценке финансовых показателей, что делает систему управления рисками более эффективной и прозрачной [6].

Несмотря на значительное количество научных работ, посвященных отдельным аспектам управления рисками в горнодобывающей промышленности, вопросы интеграции систем риск-менеджмента в финансовую архитектуру предприятий остаются недостаточно проработанными. Особенно это актуально для развивающихся экономик, включая Кыргызскую Республику, где горнодобывающая промышленность играет важную роль в обеспечении экономического роста, но при этом сталкивается с высокой степенью неопределенности и недостаточным уровнем развития систем управления рисками.

Теоретическая основа исследования. Теоретической базой исследования выступают концепции управления рисками, изложенные в стандарте ISO 31000, а также теоретические положения, разработанные в рамках современной теории финансов и риск-менеджмента. Ключевым понятием для горной отрасли является «горный риск», который трактуется как непрерывный дополнительный фактор неопределенности, возникающий из-за невозможности обладать исчерпывающей информацией о строении недр.

Эта неопределенность приводит к погрешностям в геологических моделях, что, в свою очередь, порождает риск завышения или занижения оценок запасов и, как следствие, финансовых потерь.

В контексте финансовой архитектуры предприятия, под которой понимается совокупность методов, инструментов и механизмов управления финансовыми ресурсами и потоками, управление рисками должно выступать не как обособленная функция, а как сквозной процесс, интегрированный на всех этапах принятия решений. Финансовая архитектура горнодобывающего предприятия включает в себя следующие ключевые элементы: структуру капитала, инвестиционную политику, систему бюджетирования, механизмы управления денежными потоками, а также политику управления рисками.

Стандарт ISO 31000 определяет управление рисками как систематическое применение политик и процедур, методов и практик для действий, направленных на коммуникацию, анализ и идентификацию рисков. Система управления рисками рассматривается как механизм, который предлагает основу и структуры для разработки, создания, мониторинга, анализа и постоянного улучшения оценки рисков на предприятии. При этом особое внимание уделяется установлению контекста, определению внешних и внутренних параметров, а также зоны распределения и критериев риска [10].

Важным теоретическим положением является признание динамического характера управления рисками. Правильное осуществление цикла управления рисками должно начинаться с источника и становиться частью интерактивного процесса, который помогает принимать решения. Это требует от предприятий не только внедрения формальных процедур оценки рисков, но и формирования соответствующей организационной культуры, ориентированной на непрерывное совершенствование.

Методы и материалы. В основу исследования положен анализ научной литературы, нормативной документации и эмпирических данных о реализации горных проектов. Использованы методы системного анализа для структурирования видов рисков, а также метод качественного и количественного сравнения подходов к их оценке.

Основными источниками информации послужили:

- рецензируемые научные статьи в области горного дела, финансового менеджмента и управления рисками;
- монографии, посвященные проблематике управления рисками в горнодобывающей промышленности;
- открытые данные о результатах инвестиционных проектов в горнодобывающей отрасли;
- нормативные документы, включая международный стандарт ISO 31000.

Для оценки финансовых последствий рисков рассматриваются такие методы, как анализ чувствительности, имитационное моделирование Монте-Карло, анализ реальных опционов, а также классические статистические методы, используемые для прогнозирования и оценки вероятностных оценок. Описание данных методов приведено в работах зарубежных исследователей [7, 8, 9].

В работе также использованы материалы, отражающие практический опыт реализации горных проектов в Российской Федерации, включая примеры, связанные с недооценкой горного риска, такие как прекращение строительства шахты «Анжерская-Южная» и остановка горных работ на Шербиновском карьере [1].

Результаты. Анализ теоретических и эмпирических источников позволил получить следующие результаты.

1. Специфика рисков горнодобывающей отрасли. Выявлено, что классические финансовые риски (рыночные, кредитные, валютные) в горной отрасли тесно переплетаются с отраслевыми (геологическими, технологическими, производственными). Наибольшее влияние на финансовую устойчивость оказывает именно геологическая неопределенность («горный риск»). Примеры, такие как остановка строительства шахты «Анжерская-Южная» с убытком в 2 млрд руб. (в ценах 90-х годов) и прекращение работ на Шербиновском карьере с

потерями инвестиций в 60 млн руб., демонстрируют, что недооценка этого фактора приводит к полной потере инвестиций и остановке деятельности [1].

2. Классификация рисков горнодобывающей промышленности. На основе анализа литературных источников выделены следующие основные группы рисков, существенно влияющие на открытие, подготовку и эксплуатацию месторождений:

- геологический риск (объем ресурсов, качество ресурсов, минералогический состав, доступность ресурсов);
- технологический риск (технология работ на месторождении, возможность или невозможность добычи и переработки, опасные природные явления, специфика планируемых операций);
- экономический и финансовый риск (транзакционные издержки, невозможность точного определения спроса, рыночная конкуренция, процентные ставки, обменные курсы, инфляция);
- политический риск (возможность приватизации, изменения в законодательстве и нормативных актах);
- риски, связанные с обеспечением безопасности труда [1, 2].

3. Современная структура ключевых рисков. Анализ показал, что за последние годы структура ключевых рисков горнодобывающей отрасли существенно изменилась. Помимо традиционных рисков (рыночная нестабильность, валютные колебания), на первый план выходят:

- трудности с получением «свободной» лицензии, обязывающей соблюдать строгие, часто меняющиеся законы в области устойчивого развития и охраны окружающей среды;
- репутационные, операционные и регуляторные риски, связанные с инцидентами в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды;
- риски, связанные с крупными инвестициями в исследования и разработку новых технологий (робототехника, искусственный интеллект);
- киберриски, возникающие из-за взаимодействия различных ИТ- и операционных платформ;
- кредитные риски, ограничения ликвидности и риски рефинансирования;
- подверженность риску коррупции и мошенничества [2].

4. Недостатки существующих подходов к управлению рисками. Исследование показало, что большинство горных предприятий используют фрагментарные, преимущественно качественные методы оценки рисков (опросы, экспертные заключения). Процесс управления рисками на многих предприятиях сводится к заполнению вопросников, определению факторов риска и их вероятности, после чего заполненные вопросники направляются в специализированное подразделение для сбора и анализа информации. Такой подход, основанный исключительно на качественных методах, не обеспечивает правильной оценки рисков во всей их полноте и может привести к потерям на предприятии [1,2].

5. Потенциал количественных методов оценки рисков. Установлено, что такие методы, как:

- анализ чувствительности (оценка чувствительности результатов к изменениям входных данных);
- имитационное моделирование Монте-Карло (создание распределения вероятностей для потенциальных рисков);
- условное моделирование (прогнозирование вариаций месторождения по тоннажу и сорту);

- модели дисконтированных денежных потоков (DCF) с включением факторов риска в ставку дисконтирования;
- анализ реальных опционов (учет гибкости управления в принятии решений), позволяют перейти от качественного анализа к вероятностной оценке финансовых показателей (например, чистой приведенной стоимости, NPV), что делает систему управления рисками более эффективной и прозрачной [7, 8, 9].

6. Модель интеграции управления рисками в финансовую архитектуру. На основе проведенного анализа предложена концептуальная модель интеграции, включающая следующие элементы:

- установление контекста (определение целей, внешних и внутренних параметров);
- идентификация рисков (выявление факторов неопределенности);
- количественная и качественная оценка рисков (применение современных методов);
- разработка мер по управлению рисками (формирование планов действий);
- мониторинг и анализ (непрерывное отслеживание эффективности);
- коммуникация и консультации (обмен надежной и понятной информацией).

Обсуждение. Полученные результаты согласуются с выводами зарубежных исследователей, подчеркивающих необходимость интеграции геологических и финансовых моделей. Так, К.Э. Дом (C.E. Dohm) отмечает, что применение методов имитационного моделирования для комбинированной оценки геологических и сортовых моделей позволяет получить более точное представление о рисках, связанных с ресурсной базой [8].

В отличие от традиционного подхода к дисконтированию, где риск часто учитывается путем включения надбавки в ставку дисконтирования (DCF-модели), более прогрессивным представляется использование анализа реальных опционов. Как отмечает А.С. Макфарлейн (A.S. Macfarlane), анализ реальных опционов позволяет учесть гибкость управления, что особенно важно для горных проектов с их длительным жизненным циклом и высокой капиталоемкостью [9].

Сравнение с практикой отечественных предприятий показывает их отставание в применении этих методов, что повышает уязвимость перед внешними шоками.

В то же время, как отмечается в работах О. Гарафоновой (O. Garafonova), внедрение системного подхода к управлению рисками является важнейшим условием обеспечения финансовой устойчивости горных предприятий [1, 2].

Предлагаемая интеграция риск-менеджмента в финансовую архитектуру означает, что количественные оценки рисков должны становиться неотъемлемой частью стратегического планирования, формирования бюджета и инвестиционных меморандумов.

Это позволяет не только избежать потерь, но и более обоснованно распределять капитал между проектами, оценивать эффективность инвестиций и принимать управленческие решения в условиях неопределенности.

Важным аспектом является также формирование организационной культуры, ориентированной на управление рисками.

Как отмечается в стандарте ISO 31000, эффективное управление рисками требует не только внедрения формальных процедур, но и создания соответствующей среды, включающей ценности, политику и культуру организации [10].

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что интеграция управления рисками в финансовую архитектуру горнодобывающих предприятий является критически важным условием обеспечения их устойчивости. Специфический «горный риск», обусловленный неполнотой геологической информации, требует применения не только качественных, но и современных количественных методов оценки.

Основные выводы исследования:

1. Горнодобывающая промышленность характеризуется высоким уровнем неопределенности, обусловленным наличием «горного риска», который возникает из-за невозможности получения исчерпывающей информации о строении недр.
2. Современная структура рисков горнодобывающей отрасли претерпела существенные изменения: наряду с традиционными рыночными и финансовыми рисками, на первый план выходят репутационные, регуляторные, киберриски и риски, связанные с получением «свободной» лицензии.
3. Большинство горных предприятий используют преимущественно качественные методы оценки рисков, что не позволяет получить объективную картину и приводит к недооценке потенциальных потерь.
4. Использование таких инструментов, как анализ чувствительности, моделирование Монте-Карло, условное моделирование, анализ реальных опционов, в сочетании с принципами стандарта ISO 31000, позволяет трансформировать риск-менеджмент из вспомогательной функции в один из ключевых механизмов стратегического финансового управления.

Практическая значимость работы заключается в обосновании необходимости внедрения интегрированного подхода, который позволит горным предприятиям повысить точность прогнозов, снизить вероятность инвестиционных потерь и укрепить свою репутацию.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой конкретных методик интеграции геологических, технологических и финансовых данных в единую цифровую платформу управления рисками, а также с адаптацией международных стандартов к условиям развивающихся экономик, включая Кыргызскую Республику.

Список литературы

1. O. Garafonova, E3S Web Conf., 41, 04006 (2018)
2. O. Garafonova, Y. Lazarenko., E3S Web Conf., 134, 03011 (2019)
3. S.A. Abdel, Modelling financial risk in open pit my projects: implications for strategic decision-making (SAI of MM, London, 2008)
4. O. Bertoli, S. Jackson, J. Vann, An overview of Geostatistical Simulation for Quantifying Risk (Geostatistical Association of Australasia, Melbourn, 2012)
5. M. McKelvey, G. Buenstorf, A. Broström, Innovation: Organization & Management, 20:1, 84 (2018)
6. R. Heurberger, Risk analysis in the mining industry (SAI of MM, London, 2015)
7. M. P. Davies, Potential problem analysis: A practical risk assessment technique for the mining industry (Mineral Economics Society of CIM, London, 2007)
8. C. E. Dohm Application of simulation techniques for combined risk assessment of both geological and grade model-an example (SAI of MM, London, 2013)
9. A.S. Macfarlane, Mineral Resource Management and Risk in Mine Project Analysis (University of Witwatersrand, Witwatersrand, 2016)
10. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Принципы и руководство. Risk management. Principles and guidelines. (ISO 31000:2018, Risk management - Guidelines, IDT).

УДК 656.135.5

В.И. Данченков, А.С. Уметалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.I. Danchenkov, A.S. Umetaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
pravo.bravo.13@gmail.com

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА С ПОДКРЕПЛЕННЫМ ОБУЧЕНИЕМ

КАРЬЕРДИК АВТОТРАНСПОРТТУ ДИНАМИКАЛЫК ДИСПЕТЧЕРЛӨӨ ҮЧҮН КҮЧӨТҮЛГӨН ОКУТУУГА НЕГИЗДЕЛГЕН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК СИСТЕМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DYNAMIC DISPATCHING OF QUARRY MOTOR TRANSPORT WITH REINFORCEMENT LEARNING

Рудалык материалдарды ташуу пайдалуу кендерди ачык ыкма менен казып алууда маанилүү процесс болуп саналат. Бул процессте карьердик самосвалдар экскаваторлор тарабынан казылып алынган материалды карьердин ичиндеги ар кандай белгиленген пункттарга жеткирет. Карьердик жүк ташуучу унаанын кийинки багытын аныктоо транспорттук операциялардын натыйжалуулугуна олуттуу таасир этет. Заманбап тоо-кен иштеринде мындай чечимдер, адатта, алдын ала аныкталган критерийлердин негизинде борборлоштурулган диспетчердик системалар аркылуу кабыл алынат. Бирок мындай ыкмалар көбүнчө карьердик транспорттун динамикалык эксплуатациялык шарттарына ылайыкташууда кыйынчылыктарга дуушар болот жана борбордук башкаруу блогуна көз каранды болуп калат. Натыйжада бул карьердин жалпы транспорттук системасынын ийкемдүүлүгүн жана ишенимдүүлүгүн төмөндөтүшү мүмкүн. Бул макалада күчөтүлгөн окутуу ыкмасына негизделген децентралдаштырылган көп агенттүү система (MAS-TDRL) сунушталып, карьердик самосвалдарды диспетчерлөө маселеси талдоого алынат.

Түйүндүү сөздөр: *ачык тоо-кен иштери, техникалар паркын диспетчерлөө, көп агенттүү системалар, күчөтүлгөн окутуу, децентралдаштырылган чечим кабыл алуу, «экскаватор–самосвал» системасы.*

Транспортировка рудных материалов является важным процессом при открытой добыче полезных ископаемых, где карьерные самосвалы транспортируют материал, добытый экскаваторами, до различных пунктов назначения в пределах карьера. Решение о следующем пункте назначения карьерного грузовика сильно влияет на эффективность транспортных операций. В современных горных работах это решение обычно принимается централизованными системами диспетчеризации карьера на основе заранее определенных критериев. Однако такие подходы часто с трудом адаптируются к динамичным условиям эксплуатации карьерного транспорта и полагаются на центральный блок управления, что в итоге может снижать гибкость и надежность всей транспортной системы карьера. В данной статье предлагается к анализу децентрализованная мультиагентная система для диспетчеризации карьерных самосвалов, с системой подкрепленного обучения (MAS-TDRL).

Ключевые слова: *открытые горные работы, диспетчеризация парка техники, мультиагентные системы, обучение с подкреплением, децентрализованное принятие решений, система «экскаватор-самосвал».*

Transportation of ore materials is an important process in open-pit mining, where quarry dump trucks transport material excavated by excavators to various destinations within the quarry. The decision on the next destination of a quarry truck significantly affects the efficiency of transport operations. In modern mining operations, this decision is usually made by centralized quarry dispatching systems based on pre-defined criteria. However, such approaches often have difficulty adapting to the dynamic operating conditions of quarry transport and rely on a central control unit, which ultimately can reduce the flexibility and reliability of the entire quarry transport system.This article proposes for analysis a decentralized multi-agent system for dispatching quarry dump trucks using a reinforcement learning system (MAS-TDRL).

Key words: *open-pit mining, fleet dispatching, multi-agent systems, reinforcement learning, decentralized decision-making, shovel-truck system.*

Введение. Открытые горные работы являются одним из столпов современной добывающей промышленности и отвечают за значительную долю мирового производства добычи полезных ископаемых. В этом контексте погрузочно-транспортные операции, обычно называемые транспортировкой рудных материалов, играют важную роль в общей производительности карьера и могут составлять до почти 50% от общих эксплуатационных затрат производственной системы. Эти операции включают непрерывную координацию погрузочных экскаваторов, карьерных самосвалов и пунктов разгрузки, таких как дробилки, отвалы пустой породы или промежуточные склады, формируя высоко взаимозависимую и динамичную систему.

Производственный процесс открытого карьера характеризуется своей стохастической природой и постоянным наличием внутренних и внешних раздражителей. Механические поломки, изменения дорожных условий, изменения свойств рудного материала и колебания в доступности постановки карьерных самосвалов под загрузку рудной массы напрямую влияют на время циклов и эффективность системы. В таких условиях решение о пути дальнейшего транспортирования порожнего грузовика после завершения разгрузки далеко от тривиального. Оно напрямую влияет на использование отведенных транспортных ресурсов, на выполнение краткосрочных производственных планов.

Традиционно диспетчеризация грузовиков рассматривается как последовательность решений о распределении, в которой каждый карьерных самосвал назначается на погрузочную единицу экскаватора на основе текущей информации о системе рабочей загруженности погрузочной техники. Эти централизованные системы диспетчеризации остаются широко используемыми в промышленной практике, хорошо работают в относительно стабильных условиях горнодобычи. Однако они обычно полагаются на устоявшиеся условия добычи и краткосрочные временные критерии погрузочно-разгрузочных работ, которые могут не полностью учитывать весь характер погрузочно-разгрузочных работ за временной цикл рабочей смены. Их способность предвидеть заторы и координировать ресурсы во времени ограничена, особенно в обширных операциях добычи и перевозки руды крупных по мощности извлекаемой руды карьерах.

Чтобы преодолеть эти ограничения, к диспетчеризации грузовиков предлагается подходить с точки зрения составления расписания взаимодействия, где решения координируются во времени, а не рассматриваются как изолированные назначения. В этом контексте мультиагентные системы (MAS) предоставляют децентрализованную структуру, в которой карьерные самосвалы и экскаваторы действующие как автономные агенты, формируют расписания своего непосредственного взаимодействия в вопросах осуществления погрузки рудной массы посредством точечных сигнальных импульсных команд (локального информационного взаимодействия транспортных агентов). Однако без наличия соответствующих адаптивных механизмов такие системы не могут воспроизводить эффективные шаблоны координации. Обучение с подкреплением предлагает транспортным агентам способ улучшать условия технологического карьерного взаимодействия на основе накопленного опыта совместной работы, потенциально повышая как саму

производительность, так и скорость осуществления погрузочных работ в динамичной среде горных работ.

Цель проведенной научной работы-исследовать, может ли включение в технологический режим работы карьерных самосвалов подкрепленного обучения улучшить производительность и оперативность транспортного расписания погрузки и перемещения рудной массы грузовиками. Предложенный подход сочетает децентрализованную координацию работы всех транспортных карьерных агентов, с матричным информационным самообучением, закладываемым в интеллектуальную начинку грузовика, позволяя грузовикам адаптировать свою работу на основе опыта предыдущих результатов взаимодействия с экскаваторами. Основные результаты работы по докладу тройственны: предлагается к анализу децентрализованная система MAS для диспетчеризации грузовиков, внедряется обучение с подкреплением в матричную интеллектуальную начинку агентов-грузовиков, проводится контролируемое сравнение систем с обучением и без него в сценариях разных операционных масштабов.

Обзор литературы и постановка задачи. Диспетчеризация грузовиков при открытых горных работах широко изучалась исследователями как ключевая операционная задача с двойной целью: повышение эффективности перемещения рудных материалов и снижение эксплуатационных расходов при их транспортировке. Многие изученные мной авторские работы используют централизованные стратегии принятия решений, основанные на исследовании операций, имитационном моделировании или эвристических процедурах, подчеркивая проблемы координации в реальном времени в условиях неопределённостях [1]. Недавние работы ряда ученых свидетельствуют о том, что лица их написавшие продолжают исследовать имитационные подходы для поддержки решений по диспетчеризации. Например, предложен подход имитационного моделирования и оптимизации, который распределяет назначения грузовиков и экскаваторов по нескольким карьерам, явно моделируя эффекты взаимодействия и демонстрируя повышение производительности за счет разделения парка техники [2]. Представлена интегрированная структура имитации и оптимизации, которая одновременно учитывает антропогенные выбросы газов отработанного дизельного топлива, которые осуществляют транспортные агенты, то есть техника, осуществляющая добычу и транспортировку рудной массы [3].

Продолжает вносить свой вклад группа предлагающая включать алгоритмические модели для диспетчеризации транспортных процессов в карьере. Предложена двухцелевая математическая модель, которая включает минимизацию выбросов углерода в модель оптимизации распределения. Ее суть состоит в том, что, оптимизируя время взаимодействия элементов технологии погрузки, перевозки и разгрузки руды, фактически мы добиваемся снижения выбросов в окружающую среду газов отработанного топлива как карьерных самосвалов, так и карьерных экскаваторов [4].

Хотя эти подходы вносят ценные идеи в стратегии диспетчеризации, большинство из них по-прежнему рассматривают решения как краткосрочные назначения и не полностью учитывают временные зависимости между несколькими циклами диспетчеризации. Это ограничение мотивирует интерпретацию диспетчеризации грузовиков как задачи составления расписания, где решения должны координироваться во времени для синхронизации действий грузовиков и экскаваторов. Необходимо отметить, что мультиагентные системы использовались в горном деле для поддержки планирования, координации и моделирования сложных систем, в основном на стратегическом и тактическом уровнях. Более сфокусированная линия исследований применяет MAS непосредственно к парку «экскаватор-самосвал» на открытых горных работах, моделируя грузовики и экскаваторы как автономных агентов, которые координируются через распределенные механизмы без системы обучения.

Обучение с подкреплением привлекает все больше внимания в горном деле как подходящий способ для последовательного принятия решений транспортными агентами о наличии (отсутствии) оснований необходимого взаимодействия в условиях неопределенности в динамических производственных системах. В отличие от методов, основанных на правилах,

обучение с подкреплением позволяет транспортным агентам адаптировать свое взаимодействие через кооперацию между собой путем максимизации совокупного вознаграждения. Суть предлагаемого метода диспетчеризации заключается в уменьшении времени простоя горной техники за счет усиления координации между теми транспортными агентами, карьерными самосвалами и экскаваторами, где имеется длительная история безубыточного взаимодействия. Это ситуации, когда без простоев осуществляется загрузка карьерного самосвала, технология загрузки выполняется в максимально сжатые сроки, при этом достигается пиковая загрузка борта грузовика и снижена к минимальным пределам вероятность возникновения нештатных ситуаций, приводящих к быстрому изнашиванию, поломке транспорта, перевозящего рудную массу. Совсем недавно описываемый метод был применен на открытых горных работах на одном из карьерных месторождений в Чили. Данный опыт документально показал, что данная стратегия оперативного управления может превосходить ранее используемые эвристические стратегии с точки зрения производительности и использования оборудования. Многие из действующих подходов диспетчеризации полагаются на централизованные алгоритмы управления, единые правила принятия решения, что ограничивает масштабируемость и охват современной транспортной цепочки добычи, перевозки и выгрузки рудного материала.

Вклад данного исследования состоит в популяризации и в повсеместном применении на горнодобывающих предприятиях системы интегративного обучения транспортных агентов, участников технологического процесса карьерного горнодобывающего производства. В исследуемой системе практикуется внедрение машинного обучения, размещенного в интеллектуальной начинке карьерных самосвалов, при помощи которой транспортный агент на основе закрепленного в его памяти опыта взаимодействия с экскаваторами выбирает наиболее оптимальный вариант продолжения указанного сотрудничества. При этом, если мы говорим, что у транспортного агента, есть выбор взаимодействия между группой работающих экскаваторов, которые осуществляют погрузку рудной массы, то соответственно на основании анализа всех оптимальных вариантов загрузки грузовик направляется туда, где будет наиболее эффективно обслужен свободным экскаватором. Постановка задачи связана с динамичной средой открытых горных работ, где традиционные централизованные системы не всегда адаптируются к трансформациям, а децентрализованный подход с обучением позволяет устранить повторяющиеся неэффективные шаблоны координации.

Материалы и методы исследования. В операциях открытых горных работ процесс транспортировки и погрузки организован вокруг повторяющегося операционного цикла, в котором каждый грузовик после завершения разгрузки в пункте назначения запрашивает новый пункт погрузки для продолжения своей работы. Этот цикл обычно включает движение порожнего грузовика к экскаватору, погрузочную операцию, транспортировку материала к месту разгрузки и последующий процесс разгрузки, после чего грузовик становится доступным для нового назначения. Традиционно определение пунктов погрузки решалось с помощью централизованных систем диспетчеризации, которые назначают грузовики экскаваторам, используя глобальную информацию о транспортной системе месторождения и поточный подход к распределению.

Предлагаемый подход моделирует процесс транспортировки материалов как мультиагентную систему MAS-TDRL, в которой физические и операционные объекты представлены автономными агентами. Грузовики отвечают за управление выполнением транспортных задач, построение осуществимых операционных расписаний, которые балансируют производительность и затраты, учитывая грузоподъемность, скорости движения в груженом и порожнем состояниях, время маневрирования и продолжительность разгрузки. Экскаваторы представляют погрузочное оборудование и отвечают за организацию своей погрузочной деятельности в соответствии с производственными целями, включая производительность экскаватора, скорость копания и погрузки. Пункты приема рудной массы моделируют объекты, куда складируется материал, такие как дробилки, склады и отвалы пустой породы, регулируя операции разгрузки с учетом локальной пропускной способности.

Формирование расписания возможного технологического взаимодействия грузовик-экскаватор достигается с помощью распределенного информационного процесса на основе расширенной версии протокола Contract Net. Агенты-экскаваторы рассылают запрос предложений (CFP) всем агентам-грузовикам, указывая временное окно, в течение которого они доступны для погрузки. Агенты-грузовики оценивают свое текущее расписание и отвечают предложением или отказом. Введен этап подтверждения для поддержки конкурентных взаимодействий. Агенты-экскаваторы выбирают предложение по функции полезности, минимизируя время простоя экскаватора и снижая общие затраты.

Обучение с подкреплением интегрировано в агентов-грузовиков для улучшения процесса принятия решений. Каждый агент-грузовик использует матрицу экскаваторов, где хранятся исторические результаты транспортно-погрузочных взаимодействий: «0» — успех, «X» — неудача, «F» — конечное состояние. Обучение реализовано с помощью Q-обучения: состояние определяется позицией в матрице, действия включают смену экскаватора (вверх, вниз) и исследование истории (влево, вправо) по проходимым ячейкам. Когда грузовик получает запрос предложения экскаватора, он использует изученную политику для оценки строки соответствующего экскаватора. Если существует осуществимый путь к «F», агент отвечает предложением; соответственно происходит загрузка грузовика данным экскаватором, иначе — отказом. Схема вознаграждения: достижение «F» дает 100, продвижение по истории — 10, смена экскаватора — 1. Система реализована на платформе JADE версии 4.6.0 с библиотекой JGraphT для моделирования дорожной сети карьера. Оценка предлагаемой системы оптимизации транспортного процесса карьера проводится по метрикам: операционные затраты (ЧЧ: ММ: СС), транспортированный материал (тонны), материал в час (тонн/час), время выполнения (минуты).

Результаты и их обсуждение. Сравнение мультиагентной системы с обучением (MAS-TDRL) и без обучения (MAS-TDnoRL) выявляет четкие различия в показателях производительности. Система с обучением систематически превосходит базовую по общему количеству транспортированного материала во всех сценариях. Включение обучающих способностей улучшает принятие решений, связанных с назначением грузовиков на экскаваторы. MAS-TDRL демонстрирует более высокую почасовую эффективность во всех случаях. Это указывает на способность транспортировать большее количество материала за единицу эффективного времени и более эффективное использование ресурсов. Такое адаптивное поведение системы признано в сообществе исследователей планирования и производства работ транспортных процессов карьеров как многообещающая альтернатива стратегиям, основанным на устоявшихся правилах. В динамических контекстах MAS с поддержкой обучения следует оценивать с точки зрения прироста производительности, и с точки зрения операционной осуществимости. Однако исследование имеет ограничения. Оценка проводилась в среде моделирования на основе реальных данных одного карьера, что может ограничивать экстраполируемость на карьеры с другими геологическими и операционными характеристиками. Эти аспекты представляют важные направления для будущих исследований и практической валидации на нескольких площадках с учетом дополнительных источников неопределенности.

Выводы. В докладе представлена мультиагентная система для планирования работы парка техники на открытых горных работах, которая интегрирует возможности обучения с подкреплением в технологический статус карьерного самосвала. Децентрализованный подход был оценен в сценариях различных операционных масштабов, показывая, что обучение с подкреплением улучшает производственные показатели, такие как общий транспортированный материал и почасовая производительность, по сравнению с системой без обучения. Улучшения указывают-механизмы обучения повышают качество решений в динамических средах назначения экскаваторов и грузовиков. Результаты демонстрируют увеличение транспортировки рудного материала в час на 18–29%.

Список литературы

1. 1.Alarie, S.; Gamache, M. Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines. Int. J. Surf. Min. Reclam. Environ. 2002, 16, 59–76.
2. Ozdemir, B.; Kumral, M. Simulation-based optimization of truck-shovel material handling systems in multi-pit surface mines. Simul. Model. Pract. Theory 2019, 95, 36–48.
3. Ashtiani, M.K.; Afrapoli, A.M.; Doucette, J.; Askari-Nasab, H. A Stochastic Energy-Efficient Robust Simulation-Based Truck Dispatching Optimization for Simultaneous GHG Mitigation and Operational Excellence in Open-Pit Mines. Simul. Model. Pract. Theory 2025, 138, 103026.
4. Anaraki, M.G.; Afrapoli, A.M. Sustainable open pit fleet management system: Integrating economic and environmental objectives into truck allocation. Min. Technol. Trans. Inst. Min. Metall. 2023, 132, 153–163.

УДК 656.135.5

В.И. Данченков, А.С. Уметалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

V.I. Danchenkov, A.S. Umetaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
pravo.bravo.13@gmail.com

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЦЕПОЧКИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ: ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ РУДЫ НА ПРИБЫЛЬ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ "ГОРНОГО ДЕЛА 4.0"

ЛОГИСТИКАЛЫК БААЛУУЛУК ЧЫНЖЫРЫНЫН ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ: «ТОО-КЕН ИШИ 4.0» АЛКАГЫНДА РУДАНЫ ЖЕТКИРҮҮНҮН ТРАНСПОРТТУК-ТЕХНОЛОГИЯЛЫК СХЕМАСЫНЫН ТОО-КЕН КАЗЫП АЛУУЧУ ИШКАНАНЫН КИРЕШЕСИНЕ ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

TRANSFORMATION OF THE LOGISTICS VALUE CHAIN: IMPACT OF THE ORE TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL DELIVERY SCHEME ON MINING COMPANY PROFITABILITY WITHIN THE MINING 4.0 CONCEPT

Тоо-кен ишканаларынын эксплуатациялык чыгымдары туруктуу өсүүдө, ал эми салттуу тоо-транспорт комплексинин башкаруу системалары заманбап өндүрүштөрдүн масштабына, стохастикалык мүнөзүнө жана автономдуулук талаптарына туруштук бере албай жатат.Учурдагы изилдөө «Тоо-кен иши 4.0» концепциясынын алкагында жүргүзүлүп, руданы жеткирүүнүн интеллекттик транспорттук-технологиялык схемаларынын ишкананын пайда нормасына тийгизген таасирин талдоого арналган.

Түйүндүү сөздөр: *тоо-транспорт комплексинин башкаруу системасы, Тоо-кен иши 4.0, баалуулук түзүү чынжырын талдоо, пайда нормасы, ачык тоо-кен иштери, руданы жеткирүүнүн транспорттук-технологиялык схемасы.*

Эксплуатационные расходы горнодобывающих предприятий демонстрируют устойчивый рост, в то время как традиционные системы управления горнотранспортным комплексом перестают справляться с масштабированием, стохастичностью и требованиями к автономности современных производств. Настоящее исследование, выполненное в русле концепции «Горное дело 4.0», посвящено анализу влияния

интеллектуальных транспортно-технологических схем доставки руды на норму прибыли предприятия.

Ключевые слова: *система управления горнотранспортным комплексом, Горное дело 4.0, анализ цепочки создания ценности, норма прибыли, открытые горные работы, транспортно-технологическая схема доставки руды.*

Operating expenses of mining enterprises show a steady growth, while traditional management systems of the mining and transport complex are no longer able to cope with the scaling, stochasticity, and autonomy requirements of modern production facilities.
The present study, carried out in line with the concept of "Mining 4.0", is devoted to the analysis of the impact of intelligent transport and technological schemes for ore delivery on the enterprise's profit margin.

Key words: *mining and transport complex management system, Mining 4.0, value chain analysis, profit margin, open-pit mining, ore delivery transport and technological scheme.*

1. Введение. Современный этап развития горнодобывающей отрасли характеризуется существенным ростом эксплуатационных расходов. Анализ финансовых показателей 40 крупнейших горнодобывающих компаний мира за 2025 год демонстрирует тревожную тенденцию: при рекордной выручке, приблизившейся к одному триллиону долларов, чистая норма прибыли снизилась до 17%, что на треть меньше показателей предыдущего года. Основной причиной этого стал 30-процентный рост операционных затрат, достигших почти 600 миллиардов долларов, с прогнозируемым дальнейшим увеличением на 15%. В этих условиях ключевым резервом для сохранения конкурентных преимуществ на интенсивном товарном рынке полезных ископаемых становится технологическая модернизация погрузочно-транспортных работ. Транспортный комплекс является «кровеносной системой» горного предприятия и одновременно самой затратной частью открытых горных работ, охватывая полный спектр функций: от диспетчеризации до управления топливом, техническим обслуживанием и безопасностью. Традиционные логистические платформы, основы которых были заложены не менее 50 лет назад, перестают справляться с возросшими требованиями к масштабированию, автономности и способности работать в условиях высокой неопределенности. Концепция «Горное дело 4.0» предлагает переход к новым бизнес-моделям на базе искусственного интеллекта (ИИ). Несмотря на успешные примеры внедрения автономных грузовиков, например, в Австралии, широкого распространения такие решения в мировой практике пока не получили. Существует объективная потребность в обосновании экономической целесообразности данного перехода для консервативных акционеров и топ-менеджмента горнодобывающих предприятий. В связи с этим, целью настоящей работы является анализ влияния интеллектуальных транспортно-технологических схем доставки руды на норму прибыли горнодобывающего предприятия с использованием методологии цепочки создания ценности, что позволяет выявить скрытые возможности для повышения эффективности и снижения затрат.

2. Обзор литературы и постановка задачи. Теоретической базой для анализа транспортной логистики в горном деле служат понятия цепочки поставок (supply chain) и цепочки создания ценности (value chain). Цепочка поставок представляет собой структурированный производственный процесс, в котором сырье превращается в готовые товары и доставляется конечным потребителям, охватывая ряд взаимосвязанных операций: снабжение, производство, логистику и потребление. Управление цепочками поставок, термин, введенный Китом Оливером в 1982 году, направлено на эффективную координацию всех звеньев для создания быстрой, надежной и экономически безубыточной системы. Важно отличать цепочку поставок от цепочки создания ценности: первая фокусируется на потоке материалов от поставщиков к потребителям с целью снижения затрат, тогда как вторая посвящена потоку спроса от потребителей, чтобы инициировать инновации в разработке продуктов и маркетинге. Концепция цепочки создания ценности, разработанная Майклом Портером в 1985 году, представляет собой набор видов деятельности, взаимодействующих внутри компании для создания ценности для потребителей и получения конкурентного преимущества. Эволюция управления карьерным транспортом прошла путь от ручной

диспетчеризации до автоматизированных систем. Логистические системы горных предприятий первого поколения выполняли задачу отслеживания транспортных средств, второе поколение превратилось в комплекс инструментов планирования для выполнения сложных задач. В настоящее время идет процесс перехода к третьему поколению — автономным киберфизическим системам, имеющим в своей архитектуре цифровых двойников и блоки принятия решений на базе искусственного интеллекта. Традиционные методы оптимизации, включая теорию массового обслуживания и линейное программирование (LP), имеют существенные ограничения. Теория массового обслуживания ограничена из-за предположения о предсказуемости входных данных и узкой направленности на конкретные типы проблем. Модели на основе линейного программирования критикуются за необходимость определения допустимого диапазона для включения операционных ограничений, таких как коэффициент вскрыши и требуемое содержание полезного компонента. Смешанное целочисленное линейное программирование (MILP) лишь частично решает эту проблему. Современные исследования смещаются в сторону алгоритмов машинного обучения (ML), которое использует три основные стратегии: обучение с учителем (прикрепленный программист), без учителя и обучение с подкреплением (RL). Именно подход на основе обучения с подкреплением, инициированный Бастосом [1] и др. и продолженный Чжаном[2], Димитракопулосом [4], Хо и др.[3], показал наибольшую эффективность в разработке горных сетей карьерных транспортных инфраструктур, способных работать в стохастических средах реального времени. Информация в транспортной сети может обрабатываться централизованно или децентрализованно. Централизованный подход, гарантируя оптимальность решения, страдает существенными недостатками: требованием полноты информации, увеличением времени реакции при большом количестве транспортных средств и задержками передачи данных между машинами и диспетчерским центром. Это стимулировало развитие децентрализованных систем на базе нейросетей, обеспечивающих более быструю, динамичную систему транзита рудной массы, менее дорогостоящую связь и большую автономию транспортных средств. Анализ литературы показывает, что, несмотря на наличие технологических разработок, почти две трети современных функций интеллектуальной диспетчеризации игнорируются на предприятиях из-за низкой квалификации персонала и отсутствия стимулов внедрения новых технологий у собственников. Наблюдается дефицит исследовательских работ, связывающих технологические инновации в транспортировке руды с конечными бизнес-показателями. Это определяет актуальность данного исследования, которое рассматривает транспортную подсистему как часть единой цепочки создания ценности.

3. **Материалы и методы исследования.** Методологической основой работы является концепция цепочки создания ценности М. Портера. Данный инструмент позволяет системно идентифицировать внутренние виды деятельности, добавляющие ценность, и определить их влияние на норму прибыли. В рамках исследования деятельность горнодобывающего предприятия разделена на два типа: основные и вспомогательные виды деятельности. К основным видам деятельности, непосредственно участвующим в создании и доставке продукта (руды), относятся: Входящая логистика: получение, хранение и управление запасами входных материалов: топлива, генераторов, запасных частей, взрывчатых веществ, а также повседневное обеспечение. Операции: подготовка новых уступов и съездов, выполнение буровзрывных работ, погрузка, транспортировка, разгрузка и снабжение рудой дробильных установок обогатительной фабрики. Транспортировка: перемещение рудной массы от забоя до обогатительной фабрики, складов или отвалов. Это ключевой элемент анализа, краеугольный камень транспортного этапа в рамках эксплуатационных горных работ. Исходящая логистика: контроль и мониторинг мест разгрузки рудного материала с точки зрения тоннажа и качества, усреднение, отгрузка руды. Маркетинг и сервис: мультимедийная реклама, участие в выставках для продвижения продукции, брендинг, стратегии анализа продаж, послепродажное обслуживание для обеспечения удовлетворенности клиентов. Вспомогательные виды деятельности обеспечивают функционирование основных: Закупки: согласование наилучших цен на поставку сырья, машин, оборудования, услуг. Технологическое развитие: цифровизация, телекоммуникации, автоматизация, искусственный интеллект, интеллектуальный анализ данных, исследовательские проекты. Четвертая

промышленная революция основана на девяти столпах: большие данные и аналитика, роботы, имитационное моделирование, системная интеграция, Интернет вещей, кибербезопасность, облачные вычисления, аддитивное производство и дополненная реальность. Концепция Горное дело 4.0 дополняет этот список искусственным интеллектом и цифровыми двойниками. Управление человеческими ресурсами: найм и обучение квалифицированных сотрудников. Инфраструктура фирмы: финансы, юриспруденция, стратегическое планирование, бухгалтерия. Все виды деятельности взаимосвязаны друг с другом (внутренние связи), что подразумевает: изменение в одном вызывает изменение в другом, положительное или отрицательное. Вспомогательные виды деятельности распространяются на все основные, что указывает на циклическую связь между ними. Основной исследовательский фокус направлен на изучение внутренних связей между вспомогательной деятельностью (технологическое развитие) и основной деятельностью (транспортировка, входящая логистика).

Гипотеза исследования заключается в том, что модернизация транспортной архитектуры на базе алгоритмов ИИ оказывает мультипликативный положительный эффект на всю цепочку создания ценности. Изменения в одном звене (технологии) запускают каскад улучшений в связанных звеньях (логистика, операции, закупки), что в итоге ведет к росту нормы прибыли. Для проверки гипотезы проводится анализ данных, представленных в современных исследовательских работах.

4. Результаты и их обсуждение. Применение анализа цепочки создания ценности к транспортной подсистеме горного предприятия позволяет проследить синергетический эффект от внедрения интеллектуальных алгоритмов управления транспортными процессами карьера. Интеграция GPS-трекинга и телематики в интеллектуальную начинку карьерных самосвалов обеспечивает мониторинг расхода топлива и состояния машин в реальном времени (входящая логистика). Телематика, предоставляет менеджерам множество преимуществ: снижение затрат, повышение производительности, обеспечение профилактического обслуживания, продление срока службы оборудования, интеграцию данных с бизнес-системами. Предиктивная аналитика, прогнозирует потребности в техническом обслуживании на основе моделей использования, сокращая время простоев за счет своевременного ремонта. Возможности обмена данными в реальном времени ведут к лучшему распределению ресурсов, стратегическому планированию и снижению эксплуатационных расходов на этапе разведки, добычи, транспортировки руды. В рамках основной деятельности: добычи и транспортировки, применение нейронных систем решает задачу динамического распределения загрузки взаимодействия транспортной цепи «экскаватор-самосвал». Традиционные подходы имеют недостатки: подход назначения, составляющий большинство разработанных моделей диспетчеризации, может работать неудовлетворительно, поскольку экскаватору может потребоваться более одного грузовика для выполнения производственного плана. Мультифакторный подход на основе ИИ позволяет последовательно решать задачи поиска кратчайшего пути и синхронного распределения техники, приближаясь к полной автономии. Исследователи Чжан и др. [2], используя мультиагентные алгоритмы глубокого обучения с подкреплением для динамического распределения ресурсов «грузовик-экскаватор», добились значительного улучшения производительности на 5,56% по сравнению с традиционными подходами. Хо и др. [3] успешно сократили выбросы парниковых газов в горном деле более чем на 30% с помощью интеллектуальной диспетчеризации в реальном времени, эффективно балансируя между производительностью автопарка, эксплуатационной неопределенностью и воздействием на окружающую среду. Димитракопулос [4] применил алгоритмы RL для оптимизации доставки материала, добытого экскаваторами, на перерабатывающий завод. Результаты показали увеличение производства меди на 12-16% и золота на 20-23% по сравнению с базовыми стратегиями. Цепочка влияния на норму прибыли, выявленная в результате анализа, выглядит следующим образом: технологическое совершенствование диспетчеризации транспортных потоков карьерного транспорта (вспомогательная деятельность) ведет к экономии топлива во входящей логистике, что приносит ощутимые экономические выгоды компании (инфраструктура фирмы) за счет уменьшения средств на закупку топлива. Модернизация диспетчеризации горнотранспортной цепочки повышает тоннаж добычи руды, что требует от маркетингового подразделения усилий по привлечению

большего количества клиентов, а от отдела кадров-найма более квалифицированных маркетологов. Точное планирование технического обслуживания автопарка карьерных самосвалов приводит к меньшей потребности в запасных частях и, следовательно, к меньшим усилиям со стороны отдела закупок, значительному снижению затрат на приобретение запасных частей для карьерного транспорта. Таким образом, изменения в одной точке цепочки запускают каскад улучшений во всех связанных звеньях. В 2025 году мировой рынок ИИ в горном деле оценивался в 9 млрд долларов, и прогнозируется его рост до 27 млрд к 2030 году, однако эти изменения касаются в первую очередь компаний-флагманов инноваций, уже знакомых с внедрением технологий.

5. Выводы. Проведенное исследование, основанное на анализе цепочки создания ценности, позволяет сделать следующие выводы:

1.Транспортно-технологическая схема доставки руды является ключевым звеном, через которое технологические инновации транслируются в экономический результат. Модернизация этого звена на базе алгоритмов ИИ и киберфизических систем оказывает прямое регулятивное влияние на норму прибыли предприятия, открывая возможность для более широкого внедрения технологий концепции Горное дело 4.0 как в диспетчеризацию звена «экскавация транспортировка», так и вдоль всей эксплуатационной цепочки создания ценности. 2.Децентрализованные системы управления (LP, MILP) на основе обучения с подкреплением демонстрируют существенное превосходство над традиционными методами (в условиях высокой динамики и стохастичности открытых горных работ, обеспечивая прирост производительности до 5-23% и значительное снижение экологического воздействия.
3.Анализ внутренних связей в цепочке ценности показывает, что внедрение нейросетевой диспетчеризации транспортных потоков создает мультипликативный эффект, оптимизируя не только перевозки, но и смежные процессы: закупку топлива, техническое обслуживание, маркетинг и управление персоналом.
4.Основным барьером для массового использования технологий концепции Горное дело 4.0 является недостаточная осведомленность акционеров и менеджмента о долгосрочных экономических выгодах его внедрения, низкая квалификация персонала. Просветительские исследования в этой области необходимы как для промышленности, так и для академического сообщества, поскольку они формируют более широкий кругозор у студентов-горняков и логистов, специалистов-практиков.
5.Литературный обзор показал, что целостное определение и системные исследования экономической составляющей транспортных процессов перевозки рудной массы все еще отсутствуют в горной литературе и литературе по промышленной логистике, что определяет необходимость вести масштабную исследовательскую траекторию на долгие годы вперед. Необходимы комплексные исследования, включающие: изучение интеграции новых технологий (ИИ, Интернет вещей); тщательный анализ затрат и выгод; исследование человеческого фактора и программ обучения.

Список литературы

1. 1.Bastos, G.S.; Souza, L.E.; Ramos, F.T.; Ribeiro, C.H.C. A Single-Dependent Agent Approach for Stochastic Time-Dependent Truck Dispatching in Open-Pit Mining. In Proceedings of the 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Washington, DC, USA, 5–7 October 2011.

2. Zhang, C.; Odonkor, P.; Zheng, S.; Khorasgani, H.; Serita, S.; Gupta, C.; Wang, H. Dynamic Dispatching for Large-Scale Heterogeneous Fleet Via Multi-Agent Deep Reinforcement Learning. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Atlanta, GA, USA, 10 13 December 2020.

3. Huo, D.; Sari, Y.A.; Kealey, R.; Zhang, Q. Reinforcement Learning-Based Fleet Dispatching for Greenhouse Gas Emission Reduction in Open-Pit Mining Operations. Resour. Conserv. Recycl. 2023, 188, 106664

4. S Ramazan, R Dimitrakopoulos. Production scheduling with uncertain supply: a new solution to the open pit mining problem. Optimization and engineering, 2013,14,2,361-380

УДК 622.349.36(575.2)

А.С. Жумабекова, Э.С. Молдобаев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Jumabekova, E.S. Moldobaev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
azharjumabekova22@gmail.com, ernismoldobaev58@ gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (РЗЭ) ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ АК-ТЮЗСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

АК-ТҮЗ КЕН ТАЛААСЫНЫН ТЕХНОГЕНДИК КАЛДЫКТАРЫНАН СЕЙРЕК КЕЗДЕШҮҮЧҮ ЖЕР ЭЛЕМЕНТТЕРИН (СЖЭ) АЛУУ

EXTRACTION OF RARE EARTH ELEMENTS FROM INDUSTRIAL TAILINGS OF THE AK-TYUZ ORE DISTRICT

Ак-Түз кен талаасы сейрек кездешүүчү жер металлдары, цирконий, торий жана полиметаллдардын ири запастары топтолгон уникалдуу объект болуп саналат. Ак-Түз кен кени жана Кутессай-II кен жайы ондогон жылдар бою иштетилген мезгилде байытуу фабрикасынын хвостохранилищелеринде миллиондогон тонна өндүрүш калдыктары («эски хвосттор») топтолгон. Бүгүнкү күндө бул калдыктар баалуу техногендик чийки зат катары каралууда.

Түйүндүү сөздөр: *зоналдуулук, кен, калдык сактоочу жай, байытуу калдыктары, сейрек кездешүүчү элементтер, флотация.*

Ак-Тюзское рудное поле является уникальным объектом, где сосредоточены значительные запасы редкоземельных металлов, циркония, тория и полиметаллов. За десятилетия эксплуатации месторождений Ак-Тюз и Кутессай-II на хвостохранилищах обогатительной фабрики накопились миллионы тонн отходов («лежалых хвостов»), которые сегодня рассматриваются как ценное техногенное сырье.

Ключевые слова: *зональность, руда, хвостохранилище, хвосты обогашения, редкоземельные элементы, флотация.*

The Ak-Tyuz ore field is a unique site containing significant reserves of rare earth metals, zirconium, thorium, and polymetals. Over decades of operating the Ak-Tyuz and Kutessay-II deposits, millions of tons of waste ("stale tailings") have accumulated in the processing plant's tailing ponds. Today, these are regarded as valuable technogenic raw materials.

Key words: *zoning, ore, tailings storage facility, beneficiation tailings, rare-earth elements, flotation.*

Цель проекта: Переработка отходов для извлечения РЗЭ, что позволит решить две задачи:

1. **Экономическую:** Получение востребованных металлов (неодим, празеодим, диспрозий и др.) для высокотехнологичных отраслей.
2. **Экологическую:** Снижение нагрузки на окружающую среду за счет ликвидации или переработки старых хвостохранилищ.

Введение.

В Ак-Тюзском рудном поле наблюдается четкая пространственная и генетическая зональность относительно лейкократовых гранитов:

1. Вблизи/внутри гранитов (Куперлисай): высокотемпературные пегматиты, альбититы и грейзены (Th, Be, РЗЭ).
2. На небольшом удалении (350–700 м, Кутессай-II): плутогенные гидротермальные месторождения (Nb, Th, Zr, РЗЭ) в гранофирах.

3. В удалении от гранитов (3–5 км, Ак-Тюз): средне- и низкотемпературные гидротермальные тела с полиметаллическим и золотым оруденением.
4. В надрудной зоне: бериллиевая минерализация.

Месторождение Кутессай-II (РЗЭ). Находится в 2–2,5 км к северо-востоку от Куперлисая. Это слепое плутогенное гидротермальное месторождение, локализованное в метасоматически измененных штоках гранофиров.

Вертикальная и горизонтальная зональность оруденения (сверху вниз):

1. Надрудная зона: бериллиевая минерализация.
2. Верхнерудная зона: полиметаллическое оруденение (свинец в среднем 2,58%) с фторидами РЗЭ (иттрофлюорит), малаконом, фосфатами и карбонатами РЗЭ, а также молибденитом.
3. Среднерудная зона: ториево-редкоземельное оруденение с касситеритом.
4. Нижнерудная зона: ториево-циркониевое оруденение с тантало-ниобатами и силикатами РЗЭ.

Метасоматические изменения:

- В верхней части развиты кварц-хлорит-биотитовые и кварц-хлоритовые породы, являющиеся основными концентраторами РЗЭ.
- С глубиной (горизонт 2353 м) гранофиры замещаются кварц-серицитовыми метасоматитами, где содержание РЗЭ составляет в среднем 0,30%, а ZrO_2 — 0,56%.
- На нижних горизонтах серицит сменяется мусковитом (до 80–85%), и породы переходят в кварц-мусковитовые грейзены (РЗЭ — 0,169%, ZrO_2 — 0,61%).

Температурный режим формирования месторождения варьировался от 200°С до 400°С.

В районе Ак-Тюза накоплено более 15 млн тонн рудной массы и хвостов обогащения. Основными ценными компонентами являются редкоземельные элементы иттриевой и цериевой групп (среднее содержание TR_2O_3 в рудах составляло около 1%, в хвостах оно ниже, но промышленно значимо). РЗЭ присутствуют в виде фторидов (иттрофлюорит), фосфатов, карбонатов и силикатов. Также хвосты содержат цирконий (в минерале циртолит), торий и остаточные количества свинца.

Для исследования по переработке объектами являлись руды глубоких горизонтов (горизонты 2213–2353 м) месторождения Кутессай-II. В рудах глубоких горизонтов содержание полезных компонентов варьируется в зависимости от типа метасоматитов (кварц-хлоритовые, кварц-серицитовые и др.):

- Сумма РЗЭ (ΣTR_2O_3): от 0,17% до 0,64%.
- Оксид иттрия (Y_2O_3): важный компонент, содержание в руде достигает 0,2%.
- Попутные компоненты: Свинец (Pb) — до 0,69%, молибден (Mo), цирконий (ZrO_2), ниобий (Nb_2O_5) и олово (Sn).

Технологическая схема переработки. Поскольку хвосты уже представляют собой измельченный материал, требуется лишь классификация и, при необходимости, дополнительное истирание для раскрытия минеральных зерен. Измельчение руды до класса менее 74 мкм (80–90%).

Обогащение. Основным методом является флотационное обогащение (флотация). Используемые реагенты для обогащения:

- **Собиратели:** Бутиловый ксантогенат (стандартный для сульфидов) и ИМ-50 (специфический собиратель для редкоземельных минералов).
- **Пенообразователи:** Флотомасло.
- **Регуляторы и депрессоры:** Известь, сода кальцинированная, силикат-глыба (жидкое стекло), цианплав, сернистый натрий.

В ходе испытаний на обогатимость (таблица 4.4.5) извлечение суммы РЗЭ в концентрат составило от 39% до 79% в зависимости от типа руды. Лучшие показатели показывают кварц-хлоритовые метасоматиты.

Таблица 1 - Результаты испытаний на обогатимость 20 проб руд нижних горизонтов.

Таблица 1 - Результаты испытаний на обогатимость 20 проб руд нижних горизонтов.

№	№ пробы, горизонт, технологическиетипы руд	Массовая доля в руде, %		Выход, %	Концентрат				Массовая доля масса менее 74 мкм в измельченной руде
					Массовая доля, %		Извлечение, %		
		оксида иттрия	суммы оксидов РЗЭ		оксида иттрия	суммы оксидов РЗЭ	иттрия	суммы РЗЭ	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	2: 2213 кварц-хлориты	0,115	0,440	4,6	1,70	7,60	68,0	79,0	80-85
		0,101	0,440	4,6			77,4	79,0	
		0,101	0,440	4,2			71.1	73,0	
2	3: 2213 кварц-сорициты	0,032	0,105	0,7	1,75	6,20	38,3	41,3	80-85
		0,025	0,105	0,7			49,6	41,3	
		0,025	0,105	0,6			41,4	35,3	
3	4: 2213 розовые гранофиры	0,056	0,190	1,8	1,65	6,35	53,0	60,2	85-90
		0,048	0,190	1,8			65,3	60,2	
		0,048	0,190	1,6			58,8	60,2	
4	5: 2213 кварц-мусковиты	0,068	0,220	1,5	-		40,5	45,0	80-85
		0,048	0,220	1,5	1,70	6,60	53,2	45,0	
		0,048	0,220	1,3			46,0	39,0	
5	6: 2213 гнейсы	0,036	0,083	0,5	1,20	4,70	24,0	28,0	85-90
		0,017	0,083	0,5			34,4	28,0	
		0,017	0,083	0,4			26,8	22,0	
6	9: 2293 кварц-хлориты	0,115	0,350	4,4	1,90	6,20	72,7	78,0	83-85
		0,103	0,350	4,4			81,2	78,0	
		0,103	0,350	4,1			75,0	72,0	
7		0,072	0,200	1,7			47,0	53,0	80-85

	10: 2293 м кварц-сорициты	0,057	0,200	1,7	2,00	6,20	59,1	53,0	
		0,057	0,200	1,5			53,2	47,0	
8	11: 2293 м розовые гранофиры	0,072	0,190	1,6			37,8	55,0	80-85
		0,055	0,190	1,6	1,70	6,50	49,2	55,0	
		0,055	0,190	1,4			44,3	49,0	
9	12: 2293 м метасоматиты по гнейсам	0,036	0,100	0,5			22,0	30,0	80-85
		0,029	0,100	0,5	1,60	6,00	27,5	30,0	
		0,029	0,100	0,4			22,1	24,0	
10	13: 2293 м кварц-сорициты (забалансовые руды)	0,028	0,100	0,7			30,0	31,5	80-85
		0,024	0,100	0,7	1,20	4,50	35,0	31,5	
		0,024	0,100	0,6			28,3	25,5	
11	14: 2293 м брекчированные сланцы	0,070	0,270	3,5			40,0	52,0	85-90
		0,059	0,270	3,5	0,80	4,00	47,5	52,0	
		0,059	0,270	3,1			42,1	46,0	
12	19: 2293 м метасоматиты по гнейсам	0,048	0,140	0,77			26,4	39,4	85-90
		0,032	0,140	0,77	1,65	7,20	39,7	39,4	
		0,032	0,140	0,66			34,0	33,4	
13	21: 2293 м розовые гранофиры	0,096	0,310	2,66			58,0	70,3	80-85
		0,088	0,310	2,66	2,10	8,20	63,4	70,3	
		0,088	0,310	2,44			58,2	64,3	
14	15: 2253 м биотитовые роговики	0,200	0,550	5,8			58,0	67,4	85-90
		0,160	0,550	5,8	2,00	6,40	72,4	67,4	
		0,160	0,550	5,3			66,0	61,4	
15	16: 2253 м кварц-хлориты	0,116	0,600	7,85 (4,8)	1,1 (1,7)	6,5 (10,2)	74,4 (70,3)	85,0 (81,2)	80-85
		0,116	0,600	7,85			74,4	85,0	
		0,116	0,600	7,3	1,10	6,50	69,2	79,0	
16	17: 2253 м кварц-сорициты	0,100	0,280	3,1			69,4	71,6	85-90
		0,035	0,280	3,1	2,25	6,50	81,5	71,6	
		0,035	0,280	2,8			74,8	65,6	

17	18: 2253 м розовые гранофиры	0,040	0,130	0,9			38,3	43,4	80-85
		0,036	0,130	0,9	1,70	7,00	42,5	48,4	
		0,036	0,130	0,79			37,3	42,4	
18	20: 2253 гнейсы	0,029	0,032	0,52			23,3	39,0	80-85
		0,021	0,032	0,52	1,47	6,20	35,9	39,0	
		0,021	0,032	0,44			30,8	33,0	
19	1: 2213 кварц-хлориты	0,158	0,500	5,2			65,0	67,0	80-85
		0,133	0,500	5,2	2,00	6,50	77,0	67,0	
		0,133	0,500	4,7			70,6	61,0	
20	8: 2213 кварц-хлориты	0,090	0,500	6,2 (2,34)	0,95 -1,6	6,4 (14,0)	65,4 (41,6)	79,0 (65,7)	
		0,033	0,500	6,2	0,95	6,40	70,9	79,0	
		0,033	0,500	5,7			65,3	73,0	

В ходе испытаний на обогатимость (таблица 1) извлечение суммы РЗЭ в концентрат составило от 39% до 79% в зависимости от типа руды. Лучшие показатели показывают кварц-хлоритовые метасоматиты.

Государственное регулирование и статус проекта (2024 г.). На основании Протокола совещания под председательством А.У. Жапарова от 21.08.2024 г., проект получил статус национального приоритета:

1. Создание государственного холдинга: ГП «Кыргызгеология» определено оператором проекта по добыче и переработке РЗЭ на Ак-Тюзском рудном поле.
2. Научное сопровождение: ПИЦ «Кен-Тоо» передан в ведение ГП «Кыргызгеология» для координации исследовательских работ.
3. Модернизация лабораторий: ЗАО «Кумтор Голд Компани» поручено профинансировать модернизацию аналитических и металлургических лабораторий (включая КГМИ им. Асаналиева) для проведения точных анализов РЗЭ.
4. Безопасность: МВД и полномочному представителю президента в Чуйской области поручено обеспечить сохранность имущественного комплекса в Ак-Тюзе.

Заключение. Переработка лежалых хвостов Ак-Тюзской фабрики является наиболее экономически оправданным способом возобновления добычи РЗЭ в Кыргызстане. Наличие готовой инфраструктуры, накопленного объема сырья и государственная поддержка (согласно протоколу №18/26-03) создают условия для создания полноценного кластера редкоземельной промышленности, ориентированного на экспорт высокотехнологичной продукции.

Список литературы

1. Малюкова Н. Гипогенное зонирование полиметаллических редкоземельных и редкометаллических месторождений в рудном промысле Ак-Тюз (Северный Тяньшань, Кыргызстан). Второй международный семинар по тетьянскому орогенезу и металлогенезу в Азии. Китайский университет геонаук. Ухань, Китай, 2015. стр. 59–63.
2. Редкоземельные элементы. Технология и применение. / Под ред. Ф. Виллани. Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1985. – 375 с.
3. Протокол совещания у Председателя Кабинета Министров Кыргызской Республики — Руководителя Администрации Президента Кыргызской Республики № 18/26-03 от 21 августа 2024 г. «О реализации Национального проекта по добыче полиметаллов и редкоземельных элементов для динамичного развития экономики Кыргызской Республики» [Электронный ресурс] / Председатель А. У. Жапаров. — Бишкек, 2024. — 4 с.

УДК 625.711.812

А.А. Курбанбаева, Э.Ж. Осукеев, А.Б. Жоробеков, Н.М. Амангелдиев, С.А.Абдулдаев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Kurbanbaeva, E.Zh. Osukeev, A.B. Zhorobekov, N.M. Amangeldiev, S.A.Abduldaev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
akurbanbaeva@kstu.kg

ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ОТ СНЕЖНЫХ ЗАНОСОВ И ЛАВИН

КАР КӨЧКҮДӨН КОРГООЧУ КУРУЛУШТАР

PROTECTIVE STRUCTURES AGAINST SNOW DRIFTS AND AVALANCHES

Бул макалада кар көчкү түшкөн жерлерге, каршы коргондорду кою жана дубал тосмолорду орнотуу көрсөтүлдү.

Түйүндүү сөздөр: *кар кармоочу тосмо, карды үйлөө тосмосу,коргоо чаралары.*

В данной статье расмотрены новые защитные сооружения от снежных заносов и снегоостанавливающий забор.

Ключевые слова: *снегоудерживающий забор, снегопередувающий забор, защитные меры.*

This article examines the new defenses against snow drifts and snow fence fence.

Key words: *snow-holding fence, snow fence, protective measures.*

Введение. Автомобильные дороги Кыргызской Республики проходят преимущественно через горные районы, где в зимний период возникают опасные природные явления: снежные заносы, лавины, гололёд и камнепады. Особенно подвержены этим воздействиям высокогорные перевалы автодорог Бишкек–Ош, Каракол–Эңилчек, Ала-Бука–Каныш-Кыя и другие. В связи с этим важное значение приобретают защитные сооружения от снежных заносов и лавин, обеспечивающие безопасность движения, сохранность дорожных конструкций и бесперебойную эксплуатацию транспортных магистралей.

Снежные заносы образуются в результате переноса снега ветром и накопления его на проезжей части дороги. Лавины представляют собой быстрое перемещение больших масс снега по горным склонам, которое может привести к разрушению дорожных сооружений, перекрытию движения и чрезвычайным ситуациям. В условиях Кыргызстана проблема защиты автомобильных дорог от снеголавинных процессов имеет особую актуальность из-за сложного рельефа, большой высоты перевалов и суровых климатических условий.

Цель исследования. Целью данного исследования является комплексное изучение защитных сооружений от снежных заносов и лавин, применяемых на автомобильных дорогах Кыргызской Республики, анализ природно-климатических и инженерно-геологических условий их эксплуатации, а также оценка эффективности существующих методов снеголавинной защиты для обеспечения безопасного и бесперебойного движения транспорта в горных районах страны.

В ходе исследования предусматривается изучение причин образования снежных заносов и лавин на автомобильных дорогах, особенностей воздействия снеголавинных процессов на дорожное покрытие и искусственные сооружения, а также рассмотрение современных инженерных решений по защите дорог в зимний период. Особое внимание уделяется анализу применения снегозащитных ограждений, лавинозащитных галерей, снегозадерживающих конструкций и других противолавинных сооружений на наиболее опасных участках автомобильных дорог Кыргызской Республики, включая высокогорные перевалы Тоо-Ашуу и Ала-Бел.

Дополнительной целью исследования является разработка рекомендаций по совершенствованию системы защиты автомобильных дорог от снежных заносов и лавин с учётом природных условий Кыргызстана, современных требований безопасности дорожного движения и повышения надёжности эксплуатации транспортной инфраструктуры.

Материалы и методы исследования. Располагаясь на наветренной стороне дороги, замедляет скорость ветра перед и за забором и накапливает снег, тем самым препятствует ухудшению видимости и скоплению снега на дороге.

Рисунок 1 - Снегозащитное сооружения

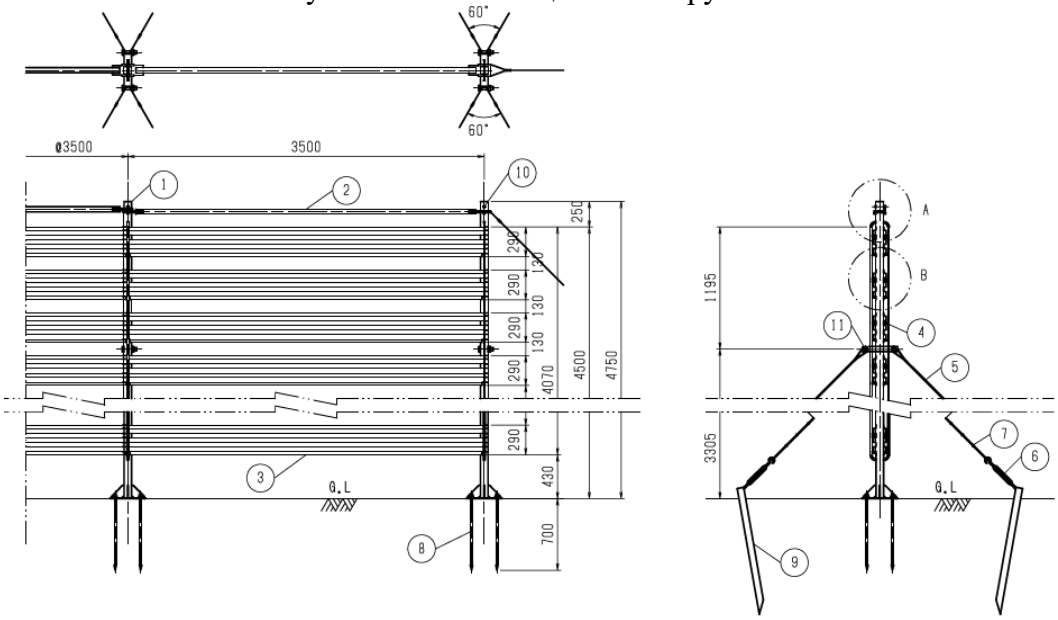


Рисунок 2 - Схема Снегозащитного сооружения

Если оставляется щель в нижней части (например, на рисунке выше- ок.40 см) а коэффициент просветности сделать ок. 30%, снежное скопление за и перед забором получится большим.

Однако, расстояние от дороги должно составлять ок. 20～30м.

Снегоостанавливающий забороставить достаточно расстояния от дороги для того, чтобы даже если забор упадёт, дороге не был нанесён ущерб.

Если стандарты забора и расстояние от дороги будет надлежащим, то не зависимо от качества материала или фундамента, можно уложиться в ограниченный бюджет и получить хороший снегозащитный эффект.

«Временный снегоостанавливающий забор». Фиксируется тросом и не требует больших работ для устройства фундамента

- При снегоостанавливающем заборе на подветренной стороне накапливается больше снега чем на наветренной (фото снизу).
- В зависимости от стандартов забора (высота, коэф.просветности, нижний зазор) отличается величина (пример в схеме справа)

Необходимо знать объём заносов и глубину снежного покрова, и проектировать высоту и спецификации забора так, чтобы даже в суровые зимние месяцы снежное скопление не доходило до дороги.

Проект снегоостанавливающего забора.

①Коэффициент просветности (%): в пределах 25-50%.

②Высота забора H(м)будет рассчитываться по следующей формуле. Однако не выше 3 м.

②Высота забора H(м)будет рассчитываться по следующей формуле. Однако не выше 3 м.

$$H=\sqrt{\frac{Vs}{45.5-0.31\cdot(100-P)}}+Hs$$

Vs- Объём заноса (м³/м), H- Высота забора (м)

Hs-Глубина снега (м), P-Коэфф.просв (%)

③Расстояне от дороги L(м) расчитывается по следующей формуле.

Однако не должно быть более 80м.

$L=(9+0.46\cdot P)\cdot(H-Hs)$

P：Коэфф.просветности (%)　H：Высота забора (м)

　H：Глубина снеж.покрова (м)

④Нижний просвет (м) составляет ок.: 0.5～0.6 м.

⑤Расстояние между опорами (м): определяется с точки зрения безопасности конструкции и экономичности

Снегоудерживающий забор.

Это снегозащитный тип забора, который позволяет скапливаться большой части снега на наветренной стороне забора, сделав высоту забора выше снегоостанавливающего забора, и уменьшив коэффициент просвета.

Рисунок 3 - Снегоудерживающий забор

Щель в нижней стороне не устраивается, коэффициент просветности делается 0～10%, таким образом, забор позволяет накапливаться большому объёму снега на наветренной стороне.

Иногда фундамент становится больше и значительно дороже снегосборного забора.

Снегопередувающий забор.

Передувает снег с дорожной поверхности благодаря устанавливаемым снегозащитным пластинам диагональю вниз, усиливающие поток воздуха на дорожной поверхности и тем самым передувающие снег.

Рисунок 4 - Снегопередувающий забор

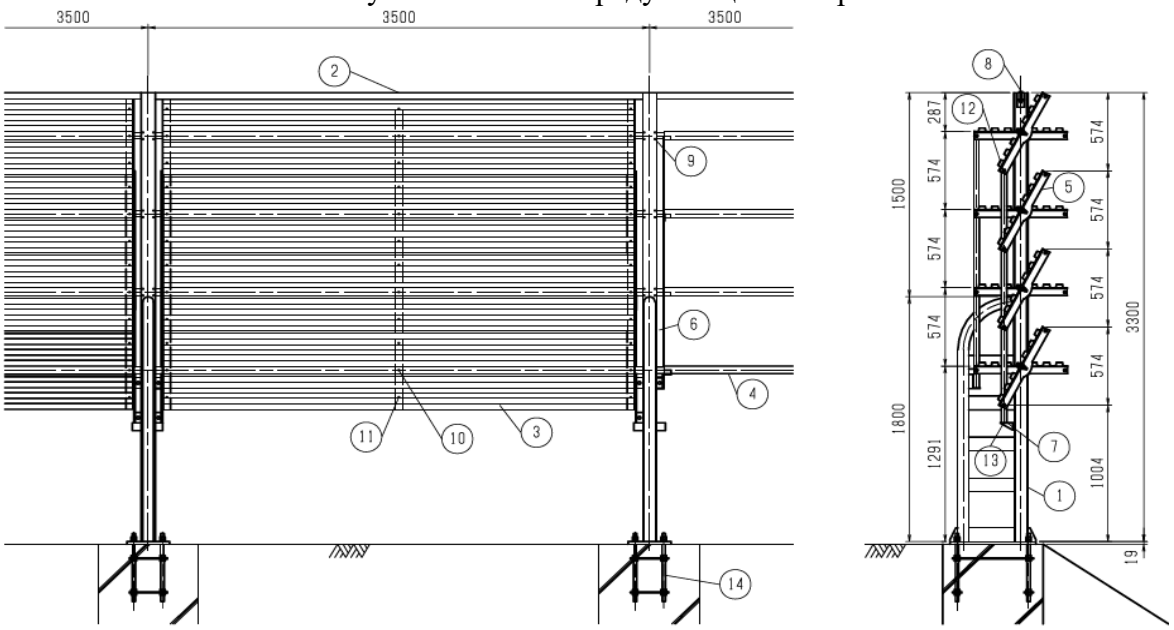


Рисунок 5 - Схема снегопередувающихся заборов

Часто количество пластин устанавливается 3-4 шт. Под углом 60 градусов.

Бывают случаи устройства зазора в 1 м. Однако если зазор завалит снегом, эффект передувания пропадает и наоборот, на дороге легко образуются снежные скопления.

Придорожная полоса леса (стандартный лес).

Полоса леса, имеющая ширину ок. 10м～30м, состоящая в основном из хвойных деревьев и защищающая дорогу от снегозаносов.

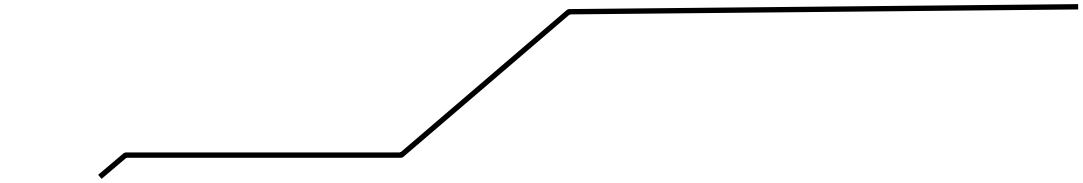
Необходимо устроить фундамент для лесного пояса и посадить примерно саженцы от 30 см.

Для здорового роста леса и проявления эффекта снегозащиты потребуется более 10～15 лет, поэтому часто вспомогательно используется снегозащитные заборы

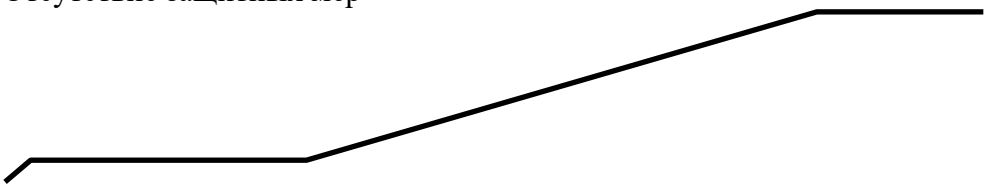
Результаты исследования и их обсуждение.

Защитные меры, применимые в КР. Снегозащитный срез склона. Среди земляных работ «срез склона» не требует больших затрат, достаточно будет среза соответвующего масштаба (уклон 1:3, длина откоса более 20 м).

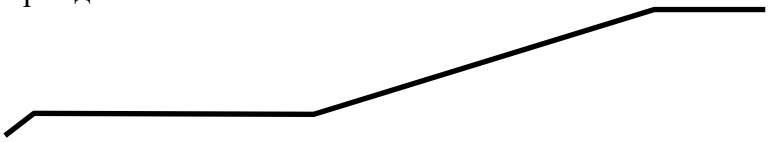
Однако если срез получится маленького масштаба (высота менее 5м) получится обратный эффект: на дороге легко образуются снежные скопления и ухудшится видимость.



Отсутствие защитных мер



Срез достаточного масштаба



Пологий уклон однако откос маленький

Рисунок 6 - Снегозащитный срез склона

Заключение. При проведении окончательной оценки стихийного бедствия, и определении участков для защитных мер и их приоритетности, желательно совокупная оценка «потенциала снегозаносов» и «данных об ущербе от снегозаносов»

«Потенциал снегозаносов» оценивает среду дорожной линии при проведении нижеуказанной периодической инспекции.

«Данные об ущербе от снегозаносов» оценивает при проведении последовательной (в дни после заносов) инспекций скопление снега и ухудшение видимости.

Список литературы

1. 1.Картанбаев Р. С. Проектирование горных дорог с учетом требований безопасности движения. — Фрунзе: Илим, 1986 г.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. - М.: Транспорт, 1982. - 288 с
2. Шевяков А.П. Анализ вопросов развития автомагистралей. - В кн.: Современные методы организации и повышения безопасности движения на автомобильных дорогах. М., 1981. -(Тр./Гипродорнии, вып.34).
3. Расников В.П., Карих Ю.С., Казанский В.Д. Учитывать в проектах магистралей условия зимнего содержания. -Автомоб. дороги, 1984, № 3.
4. Каримов Б.Б., Калилов Ж.К., Кожобергенов С.К. Горные дороги Кыргызстана – М.: Интранснаука, 2012.-336 с.
5. Каримов Б.Б. Содержание и ремонт дорог в горных условиях / Б.Б.Каримов, Ж.К. Калилов, С.Б. Мирзоев. - М.: МПК, 2016.-320 с.

УДК 669.054

Э.С. Молдобаев, Э. Орозобеков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.S. Moldobaev, E. Orozobekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
ernismoldobaev58@gmail.com, orozobekov27@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА НА БАЗЕ ЗИФ «АЛЬЯНС АЛТЫН»

«АЛЬЯНС АЛТЫН» ЗАВОДУНДА АЛТЫН ЖАНА КҮМҮШТҮ АЛУУНУН ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРИН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

OPTIMIZATION OF ELECTROMETALLURGICAL PROCESSES FOR PRODUCING GOLD AND SILVER AT THE ALLIANCE ALTYN GOLD FACTORY

Теманын актуалдуулугу алтынды өндүрүүдө электролизди колдонуу менен эффективдүү жүргүзүлө турган цианиддик эритмелерден баалуу металлдарды алуу процессине изилдөөчүлөрдүн көп көңүл бургандыгы менен шартталган. Бул ыкманын параметрлерин интенсивдештирүү менен алтын менен күмүштү казып алуунун деңгээлин жогорулатуунун жолдору аныкталган.

Иштин максаты: *көмүрдөн же ион алмашуучу чайырлардан десорбциядан улам алтындын элюция процессин изилдөө жана технологиялык процессти интенсивдештирүү үчүн электролиздин параметрлерин белгилөө.*

Колдонулган методдор: *анализ, атомдук эмиссия, спектрдик жана химиялык анализдер.*

Жаңылык: *отко чыдамдуу рудаларды кайра иштетүү маселесин чечүүгө комплекстүү мамиле.*

Натыйжалар: *эксперименталдык маалыматтарды талдоонун негизинде электролиттик ыкма менен алтынды алууну көбөйтүү боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.*

Практикалык мааниси: *изилдөөлөрдүн натыйжалары тоо-кен жана кайра иштетүү ишканалары үчүн пайдалуу болушу мүмкүн.*

Түйүндүү сөздөр: *алтын, күмүш, эритме, сорбция, десорбция, элюат, электролиз процесси, цианид эритмеси, казып алуу.*

Актуальность темы обусловлена тем, что при производстве золота большое внимание исследователей обращено на процесс получения благородных металлов из цианистых растворов, которое эффективно может осуществляться с помощью электролиза. Путем интенсификации параметров этого метода определяются пути повышения уровня извлечения золота и серебра.

Цель работы*: изучение процесса элюирования золота вследствие десорбции с угля или ионообменных смол и установление параметров электролиза для интенсификации технологического процесса*

Используемые методы: *пробирный, атомно-эмиссионный, спектральный и химический анализы.*

Новизна: *комплексный подход к решению проблемы переработки труднообогатимых руд.*

Результаты: *на основе анализа опытных данных выработать рекомендации по увеличению извлечения золота электролитическим способом.*

Практическая значимость: *результаты исследований могут быть полезными для горно-обогатительных предприятий.*

Ключевые слова: *золото, серебро, выщелачивание, сорбция, десорбция, элюат, электролизный процесс, цианистый раствор, извлечение.*

The relevance of the topic is due to the fact that in the production of gold, much attention of researchers is paid to the process of obtaining precious metals from cyanide solutions, which can be effectively carried out using electrolysis. By intensifying the parameters of this method, ways are determined to increase the level of extraction of gold and silver.

The purpose of the work: *to study the process of gold elution due to desorption from coal or ion-exchange resins and to establish electrolysis parameters for the intensification of the technological process*

Used methods: *assay, atomic emission, spectral and chemical analyses.*

Novelty: an integrated approach to solving the problem of processing refractory ores.

Results: *based on the analysis of experimental data, develop recommendations for increasing the extraction of gold by the electrolytic method.*

Practical significance: *research results can be useful for mining and processing enterprises.*

Key words: *gold, silver, leaching, sorption, desorption, eluate, electrolysis process, cyanide solution, extraction.*

Введение. Основной промышленно-ценный компонент месторождения «Джеруй» – золото самородное, содержание которого в пробах колеблется от 2,8 до 12,8 г/т. Золото чаще всего образует тонкую вкрапленность в кварце. Ассоциирует с полевым шпатом, карбонатом, амфиболом, биотитом, глинисто-слюдистыми минералами, пиритом, галенитом, арсенопиритом, висмутином, теллуридами висмута. Цвет золотин светло-желтый, желтый, темно-желтый, ярко-желтый. Форма дендритовидная, пластинчатая, комковатая, кристаллическая, крючковатая, каплевидная, неправильная, изометричная овальная, удлиненная. Размеры золотин колеблются в пределах от 0,0005 до 0,7 мм.

Основные нерудные минералы: кварц (29,83-71,14%) и полевые шпаты (12,0-47,75%). Количество сульфидов, главный из которых пирит, не превышает 1%. Пробы Д-1 и Д-2 характеризуются повышенным содержанием глинисто-слюдистых минералов (9,6-11,8%). В рудах практически отсутствуют вредные для технологии примеси.

Обсуждение результатов. Операция электролиза является завершающей в технологическом процессе переработки концентрата, полученного на регенерации товарного элюата, в результате которой золото и серебро из раствора под действием электрического тока выделяется в катодный осадок, который в дальнейшем уже направляется на переплавку и аффинаж.

В настоящее время известно несколько широко применяемых способов десорбции (элюирования) золота с насыщенного активированного угля. В основном, это способы AARL (Англо-американской исследовательской лаборатории) и ZADRA.

Процесс AARL включает предварительное насыщение угля в течение 0,5-1,0 часа раствором 1-5% NaCN и 1-3% NaOH, после этого проводят десорбцию золота с угля водой.

Электролиз ведут в отдельном цикле. Скорость протока раствора через слой угля в процессе AARL составляет 2 удельных объема в час при общем расходе 4-6 удельных объемов.

Процесс ведут при температуре 110-130^{o} и давлении 150-450 кПа. Основным преимуществом процесса AARL является малое время (8-12 ч), требуемое на процесс элюирования. Основным недостатком данного процесса является требование к качеству используемой воды: содержание сухого остатка не должно превышать 1500 мг/л. Кроме того, система очень чувствительна к присутствию ионов Ca и Mg в количествах, превышающих 100 мг/л. Увеличение содержания ионов натрия до 150 мг/л приводит к снижению концентрации

золота в элюате на 30 и более процентов, и, следовательно, к снижению эффективности процесса [10].

В процессе ZADRA десорбцию золота осуществляют щелочным цианидным раствором (0,1-1,0% NaCN и 1-3% NaOH) в замкнутом цикле с электролизом золота из элюатов.

На небольших по производительности предприятиях процесс ZADRA осуществляют при температуре 85-100°С и атмосферном давлении. Продолжительность процесса десорбции составляет в этом случае 48-72 ч. Процесс достаточно простой, имеет невысокие капитальные и эксплуатационные затраты для малых производств. Основной недостаток - длительность процесса и, соответственно, при больших объемах производства этот процесс становится мало- приемлемым.

В последнее время используют модифицированный процесс ZADRA - десорбцию ведут при повышенной температуре и повышенном давлении. Увеличение температуры и давления повышает эффективность процесса десорбции золота: возрастает степень десорбции золота, сокращается время десорбции, уменьшается требуемое количество удельных объемов элюента. Так, при ведении процесса десорбции при температуре 120°, при скорости потока 2 удельных объема элюента в час требуется приблизительно 30 удельных объемов элюента. Продолжительность процесса десорбции при этом составляет 15 ч. Дальнейшее повышение температуры и давления ведет к сокращению продолжительности процесса. Однако при высоких температурах десорбции происходит разрушение цианида натрия. Значительное количество цианида или окисляется, превращаясь в аммиак NH_3 и углекислый натрий Na_2CO_3, или полимеризуется, образуя желто-коричневый сложный цианидный полимер. При недостатке гидроксида натрия наблюдается синеватый оттенок элюата, что свидетельствует о плохом качестве процесса десорбции. Так как цианид натрия составляет значительную часть затрат на десорбцию, для минимизации затрат, его добавка и расход должны быть тщательно рассмотрены. Как правило, в последнее время при ведении процесса десорбции при температуре 130-140° и давлении 300-400 кПа используют 0,1-0,3% NaCN и 1-2,5% NaOH. Продолжительность процесса на различных предприятиях при этом колеблется от 6-ти до 15 ч при удельном расходе элюента от 10 до 30 удельных объемов при скорости потока ~ 2 удельных объема в час.

Повышение давления до 500 кПа позволяет вести процесс десорбции золота щелочным раствором (2% NaOH) без добавки цианида натрия.

Извлечение золота в процессе AARL в большинстве случаев составляет 90-93%, в процессе ZADRA - 98-99%.

Для успешного ведения процесса сорбции золота и получения обеззолоченного раствора (0,01-0,03 мг/л) необходима эффективная десорбция золота с угля, при которой остаточное содержание золота в угле не должно превышать 10-20 г/т.

В процессе ZADRA для десорбции используется оборотный электролит, однако, по мере накопления в нем примесей, необходимо выводить из процесса часть оборотного электролита, либо производить полную замену его на свежий раствор.

Щелочной элюат, получаемый в процессе десорбции с угля, подвергается электролизу с целью выделения содержащихся в нем золота и серебра в катодный осадок, который содержит в своем составе 90 – 95 % суммы благородных металлов.

Электролитическое выделение золота из щелочных элюатов имеет преимущество перед электролизом тиокарбидных товарных реагентов. Преимущество заключается в том, что при электролизе щелочных элюатов нет необходимости разделять анодное и катодное пространство ионообменной мембраной, которая предотвращает разложение тиомочевины на аноде [2].

Технологические режимы и основные параметры процесса электролиза.

Организовать процесс электролиза можно по циркуляционной или прямоточной схемам. Робота электролизера в каждой из этих схем имеет свои особенности. Щелочной элюат закачивается в напорную емкость (1), которая располагается над электролизером (2) и поступает самотеком в электролизную ванну. Раствор, выходящий из электролизера насосом

(3), снова закачивается в напорную емкость. Таким образом, в процессе электролиза происходит циркуляция раствора между напорной емкостью и электролизером до тех пор, пока в растворе не будет достигнута заданная остаточная концентрация золота и серебра. В этом случае режим электролиза выбирают таким, чтобы обеспечить максимальную скорость осаждения металлов на катоде. В циркуляционном режиме, при оптимально выбранных параметрах процесса, концентрация золота в растворе снижается примерно в 2 раза через каждые 2 часа [3]. Схема работы электролизной установки в циркуляционном режиме представлена на рисунке 2.

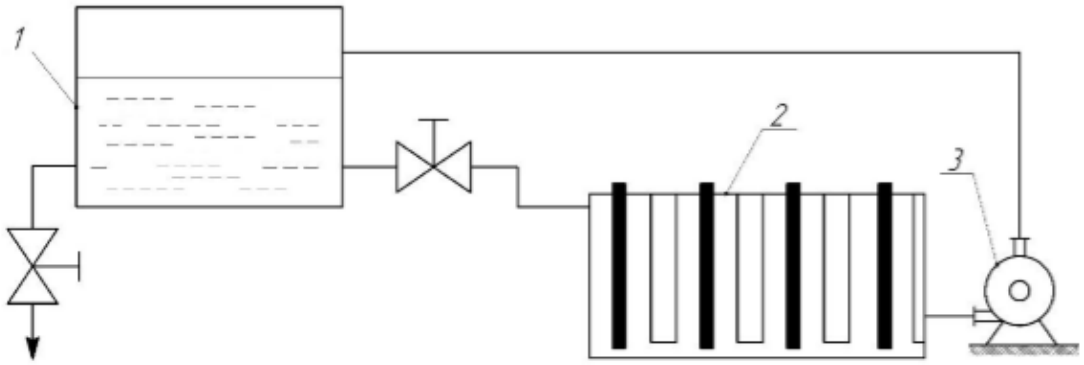


Рисунок 2 – Циркуляционный режим работы электролизера 1 – напорная ёмкость; 2 – электролизер; 3 – химический насос

В прямоточном режиме электролизер работает с последовательным перетоком раствора из одной камеры в другую. Схема работы электролизной установки в прямоточном режиме представлена на рисунке 2.

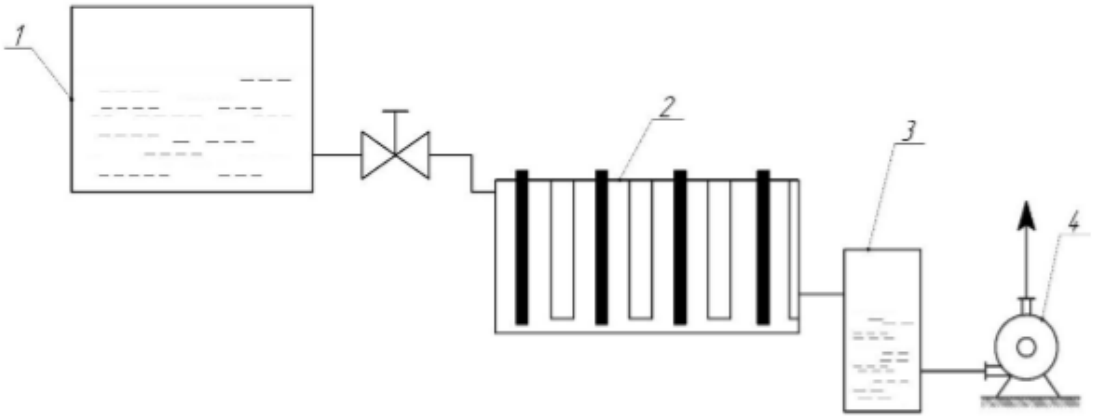


Рисунок 3 – Прямоточный режим работы электролизера 1 – напорная емкость; 2 – электролизер; 3 – ёмкость отстойник; 4 – химической насос

Основными технологическими параметрами процесса электролиза являются плотность тока, температура, скорость потока раствора и напряжение на электролизной ванне [4,7].

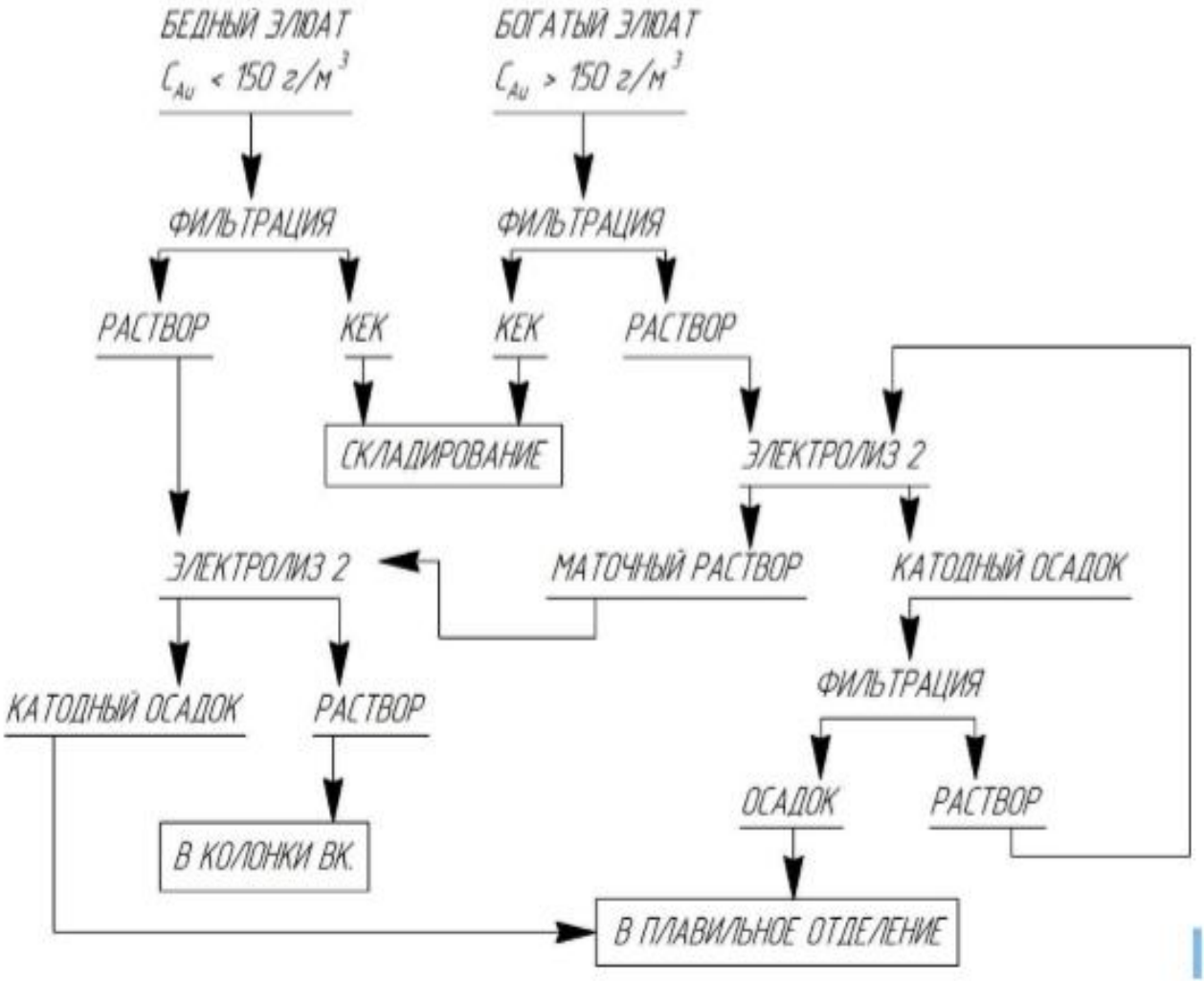
Процесс электролиза золота и серебра осуществляется при плотности тока от 20 до 60 А/м2. Проводить процесс электролиза при плотности тока менее 20 А/м2 нецелесообразно, так как осаждение золота идет не на предельном диффузионном токе.

Повышение температуры электролита позволяет увеличить скорость электролиза примерно в 1,9 раза. Ведут процесс электролиза обычно при температуре электролита от 50 до 60 ^{0}С.

Еще одним непременным условием эффективного проведения процесса осаждения золота и серебра во всех электролизерах, работающих как в непрерывном, так и в

циркуляционном режиме, является чистота перерабатываемого раствора. Так как товарный золотосодержащий раствор, полученный в процессе десорбции сорбента, всегда содержит механические частицы разрушенной смолы, угля или просто грязь. Попадая в электролизер, механические примеси снижают скорость потока раствора, тем самым ухудшая процесс электролиза и снижая качество катодного осадка [5,6].

Обеззолоченный раствор, выходящий из электролизера, называется маточник. Остаточное содержание серебра и золота в нем должно соответствовать заданному. Маточные растворы обычно содержат от 10 до 30 г/м3 золота и, как правило, перед использованием в обороте поступают на вторичную сорбцию в угольных колоннах. Катодный осадок, выпускаемый при съемке с электродов, представляет собой чешуйчатые частицы золота вместе с раствором серовато-грязного цвета. Далее его направляют на фильтрацию. Фильтрация катодного осадка производится на вакуумном нутч-фильтре, который представляет собой ящик с перфорированным ложным днищем, на которое укладывается рубашка из фильтра ткани. Раствор фильтруется через ткань под действием вакуума. Отфильтрованный катодный осадок сдается в плавильное отделение на дальнейшую обработку, а фильтрат из ресивера откачивается в маточный раствор [6].



Пример технологической схемы электролиза золота представлен на рисунке 3.

Цикл элюирования, электролиза и получения сплава Доре.

1. Насыщенный уголь с грохота богатого угля поступает в емкость кислотной промывки порциями по 3.0 – 3.5 тонны, где обрабатывается 3 – 5 % соляной кислотой из кислотной емкости, для удаления с поверхности и пор угля карбоната кальция.
2. Кислый раствор, после кислотной обработки, откачивается в кислотную емкость, для доукрепления и повторного использования или, после насыщения хлоридом кальция, в кислотную емкость, для нейтрализации известью и сброса.
3. Обработанный кислотой уголь отмывается водой до pH = 6.5 – 7.0 и откачивается в емкость элюирования для десорбции.
4. Бедный элюирующий раствор из емкости бедного раствора циркулирует через бойлер до достижения температуры раствора 110-130^{0}C. Затем в кольцо циркуляции включается емкость с углем для его разогрева. После этого начинается процесс элюирования или стриппинга – раствор циркулирует по схеме: емкость бедного раствора, бойлер, емкость элюации, емкость богатого раствора, электролизеры, емкость бедного раствора. В элюирующем растворе, с помощью каустической соды, поддерживается pH> 12.
5. Обедненный уголь направляется на регенерацию во вращающуюся печь, где поддерживается температура 650 ^{0}C, а защитная восстановительная атмосфера создается за счет влаги, поступающей с углем. После регенерации и остывания бедный уголь направляется на выщелачивание.
6. Процесс электролиза происходит из богатого раствора при напряжении 3.0 – 3.5 В и токе 200 – 250 А на катоды из металлической шерсти. Электролиз ведут до снижения концентрации золота в бедном растворе до 3.0 мг/л. Осажденные золото и серебро периодически счищают с катодов.
7. Собранный из ванн и с катодов цемента сушат, подвергают окислительному обжигу и направляют на плавку в индукционную печь с гидравлической разгрузкой. Плавку проводят с добавкой соды и буры, для окисления и отделения примесей, и кварцевого песка, для разжижения шлаков. Расплав выливают в изложницы. После отделения слитков от шлака, полученный сплав Доре направляют на аффинирование.

Заключение. Представлены способы десорбции (элюирования) золота с насыщенного активированного угля. В основном, это способы AARL (Англо-американской исследовательской лаборатории) и ZADRA. Показаны примерные технологические режимы и основные параметры процесса электролиза.

Список литературы

1. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд / В.В. Лодейщиков. В 2-х томах. – Иркутск: Изд-во «Иргиредмет». – 1999. – Т. 1. – 342 с, Т.2. – 452с.
2. Масленицкий И.Н. Металлургия благородных металлов / И.Н. Масленицкий, Л.В. Чугаев, В.Ф. Борбат // М.: Металлургия. – 1987. – 432 с.
3. Меретуков М.А. Золото: химия, минералогия, металлургия / М.А. Меретуков – М: Руда и Металлы. – 2008. – 528 с.
4. Романтеев Ю.П. Металлургия благородных металлов / Ю.П. Романтеев // Учебное пособие – М.: 2007. – 258 с.
5. Меретуков, М. А. Активные угли и цианистый процесс / М. А. Меретуков. – М.: Руда и металлы, 2007. – 288 с.
6. Меретуков, М. А. Золото: Упорные руды / М. А. Меретуков, Б. А. Захаров. – М.: Руда и металлы, 2017. – 452 с.
7. Барченков, В. В. Технология гидрометаллургической переработки золотосодержащих флотоконцентратов с применением активных углей / В. В. Барченков. – Чита: Поиск, 2004. – 232 с.

УДК 625.7/.8

Ч.Б. Мурсалиев, Э.Ж. Осукеев, А.Т. Маматкулов, А.Б. Жоробеков, Н.М. Амангелдиев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Ch.B. Mursaliev, E.Zh. Osukeev, A.T. Mamatkulov, A.B. Zhorobekov, N.M. Amangeldiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
chyngyzmursaliev@kstu.kg

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОГ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

ТООЛУУ АЙМАКТАРДА ЖОЛ КООПСУЗДУГУН ЖОГОРУЛАТУУ

IMPROVING ROAD SAFETY IN MOUNTAINOUS AREAS

Бул макалада тоолуу аймактагы жолдорду пайдалануу менен коопсуздукту камсыз кылуу жана чараларды өркүндөтүү көрсөтүлдү.

Түйүндүү сөздөр: *жол төшөнчүсүн калыбына келтирүү, түздүгүн жакшыртуу, жабышкыч касиеттерин жогорулатуу, кар көчкүдөн, күрткүдөн жана таш кулагандан тоолуу жолдорду коргоо.*

В данной статье расмотрены мероприятия по повышению безопасности движения при эксплуатации дорог в горных условиях.

Ключевые слова: *восстановление дорожного покрытия, улучшение ровности, повышение сцепных качеств, защита горных дорог от снежных лавин, снегозаносов и камнепадов.*

This article has reviewed safety improvement measures end road driving in mountain conditions.

Key words: *restoration of the road surface, improvement of evenness, increase of coupling qualities, protection of mountain roads from avalanches, snow canes and rock falls.*

Введение. На горных дорогах наиболее опасными для движения являются участки, где возможны неожиданный сход снежных лавин, камнепадов, снегозаносы и появление оползней. Водители в случае этих явлений должны иметь возможность избежать несчастного случая. Закрытие дорог для движения по причине снежного обвала или опасности схода снежных лавин составляет 55% всех зарегистрированных случаев закрытия дорог. Что касается подобных случаев, то они в горных условиях Кыргызстана и Таджикистана происходят чаще.

Цель исследования. По причине обвала и схода снежных лавин проведенные исследования показывает, что снежные обвалы и сход лавин являются основной причиной низкой пропускной способности горных дорог.

Часть некоторые дорожной сети проходит в районах, где очень трудно полностью обеспечить безопасность дорожного движения из-за снежных лавин. В подобных районах актуальными мерами безопасности могут быть, например, контролируемое проведение обвала и схода снежной лавины или периодическое закрытие дороги. Защита дорог от обвалов призвана уменьшить вероятность того, что дорога подвергается обвалу. Защита призвана свести до минимума ущерб дорожной сети и риск того, что участники дорожного

движения могут попасть под снежный обвал или снежную лавину, которые нельзя предотвратить.

Снежных лавин, оползней и камнепадов можно избежать, проложив трассу дороги на местности с устойчивыми грунтами и пологими горными склонами, или построив тоннель. Несмотря на то, что в Кыргызстане и Таджикистане построены в последние годы тоннели и галереи, то их количество и качество пока не отвечает требуемому уровню безопасности дорожного движения.

Риск дорожно-транспортных происшествий в тоннелях вне населенных пунктов приблизительно равен риску попасть в ДТП на дороге в светлое время суток. Риск попасть в ДТП в тоннелях, проходящих в населенных пунктах меньше, чем риск оказаться в ДТП в светлое время суток.

Мало проведено исследований, которые показали бы влияние на аварийность на горных дорогах строительства сооружений по защите от снежных лавин, камнепадов, подпорных стен для предупреждения оползневых явлений и установки снегозадерживающих щитов, хотя имеется множество небольших исследований, которые посвящены какому-то одном из направлений, к примеру, снегозадерживающим щитам и другим устройствам.

Материал и методы исследования. К примеру, исследование, проведенное в США, по влиянию установки снегозащитных щитов на высокогорных перевалах для защиты от снежных заносов и образования снежных сугробов на дорогах, показало, что количество ДТП при сильном ветре и снежных заносах уменьшилось на 10% на участках дорог, на которых снегозащитные щиты были установлены на 50% их длины.

На дорогах, которые опасны при камнепаде, проблему можно решить путем укрепления склонов гор или укладки сеток. Нет ни одного исследования, показывающего влияние подобных мер на дорожно-транспортные происшествия.

Эксперименты, проведенные в Норвегии, показали, что путем контролируемых взрывов можно предупредить нежелательный сход снежных лавин. Осуществлению контролируемых снежных лавин и камнепадов предшествует закрытие дорожного движения. Использование контролируемых мер в качестве профилактических больше всего подходит для предупреждения схода снежных лавин и предусматривает систематическую регистрацию степени опасности схода снежных лавин в лавиноопасных районах. Влияние таких контролируемых мер на дорожно-транспортные происшествия не установлено. Также не установлены последствия и не проведены серьезные исследования о принудительном спуске снежных лавин в условиях Таджикистана и Кыргызстана.

Можно заблаговременно предупреждать об опасности схода снежных лавин, используя информацию о взаимосвязи между количеством схода снежных лавин и способствующими им факторами. Невозможно предупреждать каждый отдельный сход снежной лавины. Участки горных дорог, которые по многолетнему наблюдению особенно подвержены снежным лавинам, могут закрываться на период, когда наиболее высока вероятность схода снежных лавин.

Метеорологическая служба должна регулярно предупреждать об опасности схода снежных лавин. Влияние предупреждений об опасности схода снежных лавин или камнепадов на дорожно-транспортные происшествия не установлено.

Влияние мероприятий по обеспечению безопасности движения на лавиноопасных участках горных дорог на количество дорожно-транспортных происшествий и проезжаемость дорог недостаточно изучено для того, чтобы сделать анализ выгоды от затрат.

Результаты исследования и их обсуждение. В период до принятия мер степень риска попасть в ДТП резко увеличивается, как следствие постоянно ухудшающихся условий движения. Непосредственно после принятия мер риск ДТП сильно снижается. После этого степень риска ДТП постепенно снижается примерно к тому уровню, который имел место до наступления плохих условий движения.

Из сказанного следует, что влияние мероприятий по уходу за дорогами в зимний период существенно зависит от того, какой период рассматривается. Максимальное влияние

бывает сразу после принятия мер, но оно «размывается», если рассматривать дли тельный период. Влияние таких мер в течение всего зимнего периода зависит от того, как часто выпадают осадки или возникают такие погодные условия, которые вызывают необходимость принятия мер и, наконец, как быстро принимаются такие меры.

Мероприятия по повышению безопасности движения, используемые при ремонте и содержании автомобильных дорог, включают в себя:

- восстановление дорожного покрытия;
- улучшение ровности дорожного покрытия;
- повышение сцепных качеств дорожного покрытия;
- осветление дорожного покрытия;
- защита горных дорог от снежных лавин, снегозаносов и камнепадов;
- совершенствование зимнего содержания дорог;
- контроль правильности расстановки дорожных знаков в соответствии с требованиями стандартов и разметки;
- обеспечение безопасности производства дорожных работ.

Указанные мероприятия осуществляются на существующих дорогах и, как правило, не предусматривают полной реконструкции дороги.

Тематика и объем научно-исследовательских работ, посвященных влиянию уровня содержания дорог на безопасность движения, изменяются в очень широких пределах. Наибольшее количество научно-исследовательских работ было выполнено в области влияния сцепных качеств дорожного покрытия и качества зимнего содержания автомобильных дорог на безопасность движения. По другим направлениям объем исследовательских работ, в т.ч. по проблеме содержания дорог в горных условиях, незначительный.

Осуществление мероприятий по повышению безопасности движения в процессе ремонта и содержания дорог оказывает влияние на уровень аварийности. Влияние каждого вида мероприятий на повышение безопасности разное. К примеру, восстановление дорожного покрытия (укладка нового слоя асфальтобетона) приводит к некоторому увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, связанных с увеличением скорости движения на свежеуложенном асфальтобетонном покрытии. Такой факт наблюдался не только в странах Европы, но и СНГ, в т.ч. в Казахстане, к примеру, на автомобильной дороге Астана - Боровое.

Наличие неровностей на дорожном покрытии вынуждает водителей снижать скорость и более внимательно управлять автомобилем. Повышение сцепных качеств дорожного покрытия позволяет снизить уровень аварийности на влажном покрытии и не оказывает никакого эффекта на уровень аварийности на сухом покрытии.

Таким образом, в процессе ремонта можно обеспечить требуемые условия безопасного периода.

В настоящее время имеется много способов ремонта автомобильных дорог, при этом необходимо применять новые инновационные технологии ремонта.

Ямочный ремонт является незаменимым элементом содержания автомобильных дорог. Наиболее интенсивное разрушение покрытий происходит в весеннее время, когда переходы температуры через ноль могут происходить несколько раз в день, а вода заливает улицы и дороги. К сожалению, в это время асфальтобетонные заводы, как правило, еще не запущены и поэтому дорожники оказываются в безвыходном положении - ямочный ремонт производить нечем, а дороги разрушаются прямо на глазах.

Одним из перспективных в тоже время простым направлением является ямочный ремонт под названием «Метод спайки» с помощью инфракрасного разогревается.

Уникальная технология ямочного ремонта с применением холодного асфальтобетона - «метод спайки», позволяет производить быстрый ямочный ремонт без использования фрез и отбойных молотков, в составе 2-х или 3-х человек в абсолютно любую погоду. Использование технологии «метод спайки», дает существенное увеличение скорости проведения дорожно-ремонтных работ и в тоже время повышает качество отремон-

тированного дорожного полотна. Технология позволяет за один цикл производить подготовку основания, укладку холодного асфальта и трамбование,

Немаловажным фактором является то, что движение автотранспорта открывается сразу после окончания работ, что, несомненно, важно, учитывая загруженность наших автомобильных дорог.

Заключение. Данная технология при высоком качестве, значительно упрощает и главное экономит до 30% средств и материалов, требуемых на подобный ремонт по отношению к другим технологиям. Постоянный транспортный поток оказывает непрерывное трамбующее воздействие на отремонтированный участок, который остается упругим при высоких летних температурах и сохраняет пластичность при низких зимних температурах.

Список литературы

1. 1.Картанбаев Р. С. Проектирование горных дорог с учетом требований безопасности движения. — Фрунзе: Илим, 1986 г.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. - М.: Транспорт, 1982. - 288 с
3. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В.Ф. Бабков, М.Б. Афанасьев, А.П. Васильев и др. - М.: Транспорт, 1967. - 221 с.
4. Байнатов Ж.Б., Тулебаев К.Р. Защита автомобильных дорог от снежных и песчаных заносов. - М., 1997. - 76 с. - (Автомоб. дороги: Обзорн. информ. / Информавтодор; Вып. 3).
5. Каримов Б.Б., Калилов Ж.К., Кожобергенов С.К. Горные дороги Кыргызстана – М.: Интранснаука, 2012.-336 с.
6. Каримов Б.Б. Содержание и ремонт дорог в горных условиях / Б.Б.Каримов, Ж.К. Калилов, С.Б. Мирзоев. - М.: МПК, 2016.-320 с.
7. Приходько А.А., Курбанбаев А.Б. и др. Современные методы инженерно-топографических изысканий в горных условиях для автомобильных дорог. Наука и инновационные технологии. 2024. № 1 (30). С. 234-239.

УДК 16. 83

Б. Сыдыкова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

B. Sydykova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
e-mail: bloomm1003@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В МАРКШЕЙДЕРСКОМ КОНТРОЛЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

КЕН ЧЫККАН ЖЕРЛЕРДИ ИШТЕТҮҮНҮ МАРКШЕЙДЕРДИК КӨЗӨМӨЛДӨӨДӨ ГИС-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES IN MINE SURVEYING CONTROL OF MINERAL DEPOSIT DEVELOPMENT

Бул макалада маркшейдердик кызматтардын ишмердүүлүгүндө геоинформациялык системаларды (ГИС) колдонуунун актуалдуу маселелери каралат. Графикалык документацияны жүргүзүүнүн салттуу ыкмаларынан заманбап санариптик моделдерге

өтүүнүн зарылдыгы негизделген. Автор ArcGIS, QGIS жана Micromine сыяктуу адистештирилген геологиялык-геоинформациялык программалык комплекстердин тоо-кен иштеринин абалын ыкчам көзөмөлдөө маселелерин чечүүдөгү мүмкүнчүлүктөрүн талдайт. Өзгөчө көңүл тактыкты жана казып алуу иштеринин коопсуздугун жогорулатуу үчүн учкучсуз учуучу аппараттардан (БПЛА) алынган маалыматтарды ишкананын бирдиктүү маалыматтык чөйрөсүнө интеграциялоого бурулган.

Түйүндүү сөздөр: *маркшейдерия, ГИС-технологиялар, мониторинг, санариптик моделдөө, тоо-кен иштери, кен чыккан жер, БПЛА, ArcGIS, Micromine.*

В данной статье рассматриваются актуальные вопросы применения геоинформационных систем (ГИС) в деятельности маркшейдерских служб. Обоснована необходимость перехода от традиционных методов ведения графической документации к современным цифровым моделям. Автор анализирует возможности программных комплексов ArcGIS, QGIS и специализированных ГГИС в решении задач оперативного контроля за состоянием горных работ. Особое внимание уделено интеграции данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в единую информационную среду предприятия для повышения точности и безопасности добычи.

Ключевые слова*: маркшейдерия, ГИС-технологии, мониторинг, цифровое моделирование, горные работы, месторождение, БПЛА, ArcGIS, Micromine.*

This article examines current issues in the application of Geographic Information Systems (GIS) in the activities of mine surveying services. The necessity of transitioning from traditional methods of maintaining graphical documentation to modern digital models is substantiated. The author analyzes the capabilities of software packages such as ArcGIS, QGIS, and specialized mining GIS systems in solving tasks related to operational monitoring of mining activities. Particular attention is given to the integration of data obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs) into a unified enterprise information environment in order to improve the accuracy and safety of mineral extraction.

Keywords: *mine surveying, GIS technologies, monitoring, digital modeling, mining operations, mineral deposit, UAV, ArcGIS, Micromine.*

Введение. Современный этап развития горнодобывающей промышленности характеризуется резким увеличением объемов обрабатываемой информации. Горные предприятия в процессе своей деятельности сталкиваются с необходимостью оперативного сбора, хранения и анализа огромных массивов, пространственно-распределенных данных. Традиционные методы маркшейдерского контроля, основанные на бумажных планах и ручных расчетах, в современных реалиях становятся недостаточно эффективными и трудозатратными. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что внедрение геоинформационных систем (ГИС) позволяет автоматизировать ключевые процессы маркшейдерского обеспечения, минимизировать человеческий фактор и обеспечить руководство предприятия достоверной информацией в режиме реального времени. Целью работы является изучение функциональных возможностей ГИС-технологий при контроле разработки месторождений.

1. Понятие и функциональная структура ГИС.

Геоинформационные системы представляют собой современные программно-аппаратные комплексы, обеспечивающие сбор, управление, анализ и отображение географических данных. В маркшейдерии ГИС выступает не просто как инструмент картографии, а как полноценная база данных, где каждый геометрический объект связан с определенными атрибутами (геологические показатели, даты выемки, качественные характеристики сырья).

Рисунок 1 - Функциональные возможности ГИС в маркшейдерии

2. Ключевые задачи маркшейдерского контроля.

Маркшейдерский контроль — это непрерывный процесс наблюдения за геометрией недр и состоянием горных выработок. Применение цифровых технологий позволяет вывести этот контроль на качественно новый уровень. Основные задачи, решаемые с помощью, ГИС, систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 - Задачи маркшейдерского контроля в цифровой среде

Наименование задачи	***Содержание и инструменты контроля***	***Эффект от внедрения***
Контроль границ работ	Сверка текущего положения забоев с проектными контурами	Исключение сверхнормативных потерь
Мониторинг деформаций	Наблюдение за устойчивостью бортов карьера и отвалов	Предотвращение аварийных ситуаций
| Учет объемов добычи	Автоматический расчет объемов по цифровым моделям рельефа	Сокращение времени на отчетность в 3-4 раза
Планирование работ	Построение краткосрочных и долгосрочных планов развития	Оптимизация работы горной техники

3. Программные комплексы для маркшейдерской службы.

На современном рынке программного обеспечения выделяются несколько лидеров, активно используемых на предприятиях Кыргызстана и стран СНГ. К ним относятся как универсальные ГИС (ArcGIS, QGIS), так и узкоспециализированные горно-геологические системы (Micromine, Surpac). Системы класса ГГИС позволяют создавать трехмерные (3D) блочные модели месторождений, что дает возможность видеть залежь «изнутри» и с высокой точностью проектировать буровзрывные работы. Автоматизация расчетов позволяет маркшейдеру сосредоточиться на анализе данных, а не на рутинном черчении.

4. Инновации и перспективы: связка ГИС и БПЛА.

Одним из наиболее перспективных направлений развития отрасли является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для оперативной съемки. Полученные с дронов данные (облака точек) мгновенно импортируются в ГИС-среду.

Рисунок 2 - Интеграция данных дистанционного зондирования в 3D-модели

Это позволяет получать актуальные планы карьеров еженедельно или даже ежедневно, что физически невозможно при использовании только наземных методов съемки. Высокая точность таких моделей (до нескольких сантиметров) гарантирует достоверность учета движения запасов.

Заключение. Использование ГИС-технологий в маркшейдерском контроле является необходимым условием для цифровой трансформации горного предприятия. Это позволяет не только повысить точность измерений и расчетов, но и значительно усилить контроль за безопасным ведением горных работ. Внедрение таких систем в практику молодых специалистов — важный шаг на пути к глобальной цифровизации инженерного образования в Кыргызской Республике.

Список литературы

1. Информационное сообщение КГТУ им. И. Раззакова «Наука, техника и инженерное образование в эпоху цифровизации и глобализации». – Бишкек, 2026. https://kstu.kg/] (https://kstu.kg/)

2. Капутин, Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ [Текст] / Ю.Е. Капутин. – СПб.: Недра, 2004. https://www.geokniga.org/books/7022] (https://www.geokniga.org/books/7022)

3. Омурканова, А. К. Особенности цифрового моделирования в Кыргызстане [Текст] / А. К. Омурканова // Вестник КГТУ, 2023. – № 4. https://kstu.kg/nauka/vestnik-kgtu] (https://www.google.com/search?q=https://kstu.kg/nauka/vestnik-kgtu

4. Техническая документация программных комплексов Micromine и ArcGIS. – [Электронный ресурс]. https://kstu.kg/fileadmin/user/_upload/130402/_standart.pdf] (https://kstu.kg/fileadmin/user_upload/130402_standart.pdf)

УДК 626.877:550.82

Т.С. Умаров, Э.Ж. Абдыкалыков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек Кыргызская Республика

T. S. Umarov, E.Zh. Abdykalykov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
t_umarov@kstu.kg, a.erlan@kstu.kg

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА

КАРЬЕРДИН КАПТАЛДАРЫНЫН ТУРУКТУУЛУГУН БААЛОО ҮЧҮН ЗАМАНБАП ГЕОМЕХАНИКАЛЫК МОДЕЛДЕРДИ КОЛДОНУУ

APLICATION OF MODERN GEOMECHANICAL MODELS TO ASSESS THE STABILITY OF QUARRY WALLS

Макалада, карьердин дубалдарынын туруктуулугун баалоодо геомеханикалык моделдерди колдонууга арналган заманбап илимий жана билим берүү булактарына серep берилген. Тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалын моделдөөнүн негизги ыкмалары, анын ичинде чектик тең салмактуулук ыкмалары, сандык методдор жана татаал геомеханикалык моделдер каралат. Жантаймалардын туруктуулугуна таасир этүүчү факторлорго талдоо жүргүзүлүп, эсептөө жана мониторинг методдорун өнүктүрүүнүн негизги тенденциялары аныкталган. Интегралдык геомеханикалык моделдерди колдонуу туруктуулукту болжолдоонун тактыгын олуттуу түрдө жакшыртууга жана тоо-кен иштеринин коопсуздугун камсыз кылууга мүмкүн экени аныкталган.

Түйүндүү сөздөр: *геомеханика, карьер, жантаюунун туруктуулугу, моделдөө, чектүү элементтер ыкмасы, чыңалуу-деформация абалы.*

В статье представлен обзор современных научных и учебных источников, посвящённых применению геомеханических моделей при оценке устойчивости бортов карьеров. Рассмотрены основные подходы к моделированию напряжённо-деформированного состояния массива горных пород, включая методы предельного равновесия, численные методы и комплексные геомеханические модели. Проведен анализ факторов, влияющих на устойчивость откосов, а также выявлены основные тенденции развития методов расчёта и мониторинга. Установлено, что применение интегрированных геомеханических моделей позволяет существенно повысить точность прогноза устойчивости и обеспечить безопасность горных работ.

Ключевые слова: геомеханика, карьер, устойчивость бортов, моделирование, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние.

The article presents a review of modern scientific and educational sources devoted to the application of geomechanical models in assessing the stability of quarry walls. The main approaches to modeling the stress-strain state of a rock mass are considered, including limit equilibrium methods, numerical methods and complex geomechanical models. An analysis of factors influencing slope stability was conducted, and the main trends in the development of calculation and monitoring methods were identified. It has been established that the use of integrated geomechanical models can significantly improve the accuracy of stability prediction and ensure the safety of mining operations.

Key words: *geomechanics, quarry, slope stability, modeling, finite element method, stress-strain state.*

Введение. Исследование устойчивости бортов карьеров с использованием современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) позволяет оптимизировать углы наклона, обеспечивая безопасность горных работ. Моделирование учитывает гидрогеологию, структурные неоднородности и прочностные свойства пород, снижая риски обрушений при углубке карьеров.

Обеспечение устойчивости бортов карьеров — ключевая задача при открытой разработке месторождений, особенно при увеличении глубины карьеров. Современные геомеханические модели позволяют перейти от эмпирических оценок к точному прогнозированию поведения массива горных пород.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых является одним из наиболее распространенных способов добычи минерального сырья. При ведении горных работ в карьерах важнейшей задачей является обеспечение устойчивости бортов и откосов. Нарушения устойчивости может привести к оползням, обрушениям горных пород, авариям и значительным экономическим потерям.

Современные условия разработки месторождений характеризуются увеличением глубины карьеров, усложнением горно-геологических условий и необходимостью повышения безопасности горных работ. В связи с этим возрастает значение применения современных методов геомеханического моделирования для анализа устойчивости бортов карьеров.

Цель исследования. Целью исследования является рассмотрение методов исследования устойчивости бортов карьеров и анализ применения современных геомеханических моделей.

Материал и методы исследования. Материалы и методы исследования устойчивости бортов карьера включают построение 3D геомеханических моделей на основе данных инженерно-геологических изысканий, лабораторных испытаний пород и численного моделирования (метод конечных элементов, метод дискретных элементов) для расчета напряженно-деформированного состояния массива и коэффициента запаса устойчивости.

Материалы исследования:

Геологическая документация: Данные бурения, инженерно-геологические разрезы, структурные карты месторождения.

Карты инженерно-геологического районирования составляются в результате выявления в пространстве на основе совокупности теоретических положений и методических приемов объективно существующих территориальных элементов, обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими признаками отграничения их от территорий, этими признаками не обладающих, их картографирования и описания

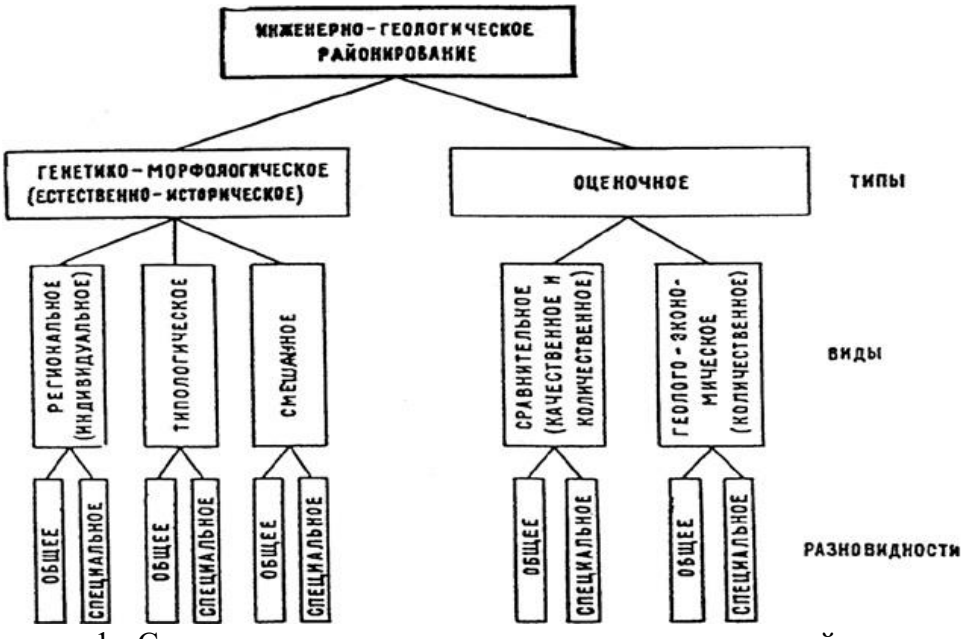


Рисунок 1 - Систематика типов инженерно-геологического районирования

Физико-механические свойства пород: Результаты лабораторных испытаний образцов керна (прочность на сжатие/растяжение, сцепление, угол внутреннего трения).

Для определения относительной твердости минералов в качестве примера можно привести шкалу Мооса. В соответствии с этой шкалой такой материал как кальцит при давлении на него ножом легко получает царапины на своей поверхности, что соответствует показателю твердости 3, а топаз, сам не получая повреждений, легко царапает стекло, но поддается обработке алмазом, что относит его к категории твердости 8.

Таблица 1 - Шкала Мооса относительной твердости минералов

Минералы	Твёрдость	Способ определения твёрдости
Тальк	1	Легко чертится ногтем
Каменная соль	2	Чертится ногтем
Кальцит	3	Легко чертится ножом
Плавиковый шпат	4	Чертится стеклом. Ножом чертится под небольшим давлением
Апатит	5	Чертится стеклом. Ножом чертится под небольшим давлением
Ортоклаз	6	Ножом не чертится. Слегка царапает стекло
Кварц	7	Легко царапает стекло
Топаз	8	Легко царапает стекло
Корунд	9	Легко царапает стекло
Алмаз	10	Легко царапает стекло

Геометрические параметры: 3D-модели карьера, созданные в специализированном ПО (например, Micromine, Datamine, Surpac), определяющие проектную глубину и углы наклона бортов.

Гидрогеологические условия: Сведения о наличии подземных вод, уровне грунтовых вод и давлении поровой воды.

Методы исследования:

- Аналитический метод (предельного равновесия): Расчет коэффициента запаса устойчивости ($K_{СТ}$) с использованием методов Бишопа, Моргенштерна-Прайса или Янбу для оценки круглоцилиндрических поверхностей скольжения.
- Численное моделирование:
  - Метод конечных элементов (МКЭ/FEM): Использование программ (RS2/RS3, PLAXIS) для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) сложного массива пород.
  - Метод дискретных элементов (МДЭ/DEM): Применение программ (3DEC, UDEC) для моделирования блоков пород с учетом структурных нарушений.
- Натурные наблюдения: Мониторинг деформаций бортов (лазерное сканирование, геодезические реперы) для верификации моделей.
- Сравнительный анализ: Сопоставление полученных коэффициентов запаса с нормативными значениями (обычно Кст>1.2-1.5 в зависимости от ответственности объекта).

Комплексный подход обеспечивает определение предельных параметров устойчивых бортов, минимизируя риски обрушений.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) в Кыргызстане позволяет с высокой точностью оценивать устойчивость бортов карьеров, учитывая высокую сейсмичность региона и анизотропию пород. Исследования показывают, что моделирование снижает риски обрушений, оптимизирует углы наклона бортов, учитывая трещиноватость и влажность пород.

Основные результаты исследований и их обсуждение:

- Учет сейсмического воздействия: в условиях горной гряды Тянь-Шань критически важен учет сейсмических нагрузок. Использование метода конечных элементов (МКЭ) позволяет определить коэффициент запаса устойчивости (K_з) борта в условиях землетрясений, что предотвращает внезапные обрушения.

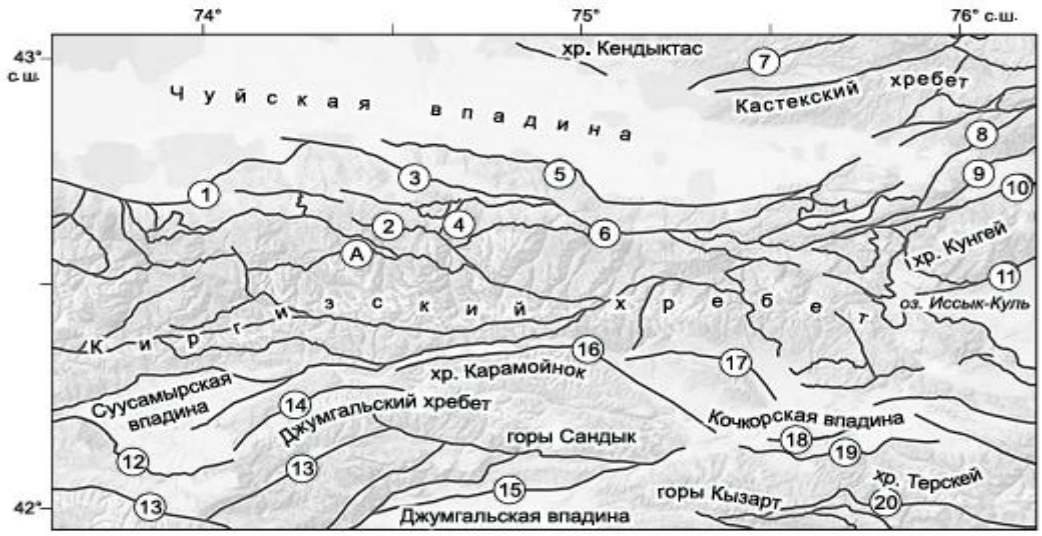


Рисунок 2 - Топография и главные разломы

Разломы: 1 — Аксуйский, 2 — Чонкурчакский, 3 — Байтикский, 4 — Аламединский, 5 — Иссыкатинский, 6 — Шамсинский,7 — Каракунузский, 8 — Заилийский, 9 — Северо-Кеминский, 10 — Южно-Кеминский, 11 — Тогуз-Булакский (Северо-Иссыккульский), 12 — Араминский, 13 — Кызылойский, 14 — Каракульский, 15 — Улунбулакский (Узунбулак-Ойкаинская зона),16 — Каракольский, 17 — Ортокский, 18 — Акчопский, 19 — Южно-Кочкорский, 20 — Каракурджурский. А — разлом Верхо вой, выделенный по результатам тектонофизической реконструкции напряжений.

Сейсмичность. Особенность сейсмического режима Северного Тянь-Шаня обусловлена геологическим строением, интенсивностью протекающих здесь геодинамических процессов и связана с древними глубинными разломами — Северо-Тяньшаньским, Кеминским и Кунгейским. На его территории произошли такие разрушительные землетрясения, как Чиликское M = 8.3 1889 г.,Жаланаш-Тюпское M = 6.8 1978 г., Сарыкамышское M = 6.8 1970 г., Верненское M = 7.3 1887 г., Кеминское M = 8.2 1911 г., Баласагунское M = 6.4 1475 г., Беловодское M = 6.9 1885 г., Суусамырское M = 7.3 1992 г. [Геодинамика…, 2009].

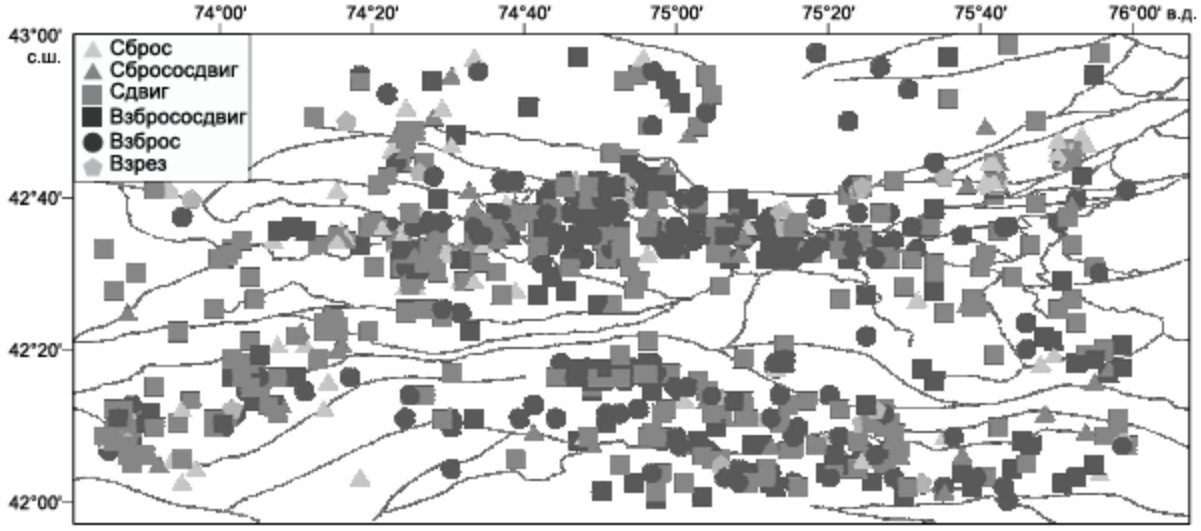


Рисунок 3 - Районирование коры Северного Тянь-Шаня по типам механизмов очагов землетрясений

На Рис. 3 показано пространственное распределение в коре различных типов механизмов очагов землетрясений. Из приведенного рисунка видно, что практически

повсеместно наблюдаются вариации кинематических типов механизмов. Взбросы часто сочетаются со взбрососдвигами, а иногда и с чисты ми сдвигами. Землетрясения с механизмами в виде взбросов и взбросо сдвигов наблюдаются в коре практически всего региона. Сбросы, хотя и в меньшем количестве, но также достаточно часто встреча ются. Согласно данным рис. 3, сбросы и сбрососдвиги более представлены в восточной и западной частях коры исследуемого региона. В центральной его части эти механизмы иногда встречаются, но здесь очевидное преимущество имеют механизмы типа взбросов и взбрососдвигов.

Численное моделирование и анизотропия: исследования анизотропных карьерных откосов с использованием горного сканирования выявляют структурные особенности массива. Это помогает точнее определять прочностные свойства породных контактов и моделировать поведение неустойчивых участков.

Анализ факторов деформирования: Результаты подтверждают, что наибольшее влияние на снижение коэффициента устойчивости оказывают увеличение влажности пород и снижение их прочностных параметров, что характерно для четвертичных отложений.

Сценарное прогнозирование: Современные подходы включают решение обратных задач для калибровки моделей, что позволяет устанавливать зависимости между изменчивостью свойств пород и рисками деформации бортов.

Оптимизация параметров: Применение программного обеспечения для моделирования позволяет находить оптимальные углы наклона нерабочих бортов, обеспечивая их надежность и снижая объемы вскрышных работ.

Обсуждение результатов подчеркивает необходимость интеграции натурных исследований (сканирования, мониторинга) с математическим моделированием для создания надежных моделей, обеспечивающих безопасность горных работ в сложных горно-геологических условиях Кыргызстана.

Применение современных геомеханических моделей (UDEC/3DEC, RS3, FLAC) в мировой практике обеспечивает высокую точность оценки устойчивости бортов карьеров за счет учета сложной структуры пород, тектонических нарушений и гидрогеологии. Результаты показывают, что 3D-моделирование позволяет выявлять зоны потенциальных деформаций, которые не определяются классическими методами, снижая риски обрушений.

Результаты исследования:

- Эффективность численного моделирования: Программы, основанные на методах конечных элементов (FEM) и разностных элементов (DEM), позволяют моделировать нелинейное поведение пород, включая развитие трещин и перемещений.
- 3D против 2D: Трехмерные модели (3DEC) значительно точнее описывают устойчивость при сложной геометрии карьера и тектонических нарушениях, чем традиционные 2D-анализы.
- Учет гидрогеологии: Геомеханические модели эффективно учитывают влияние порового давления воды на снижение сцепления и угла внутреннего трения пород.

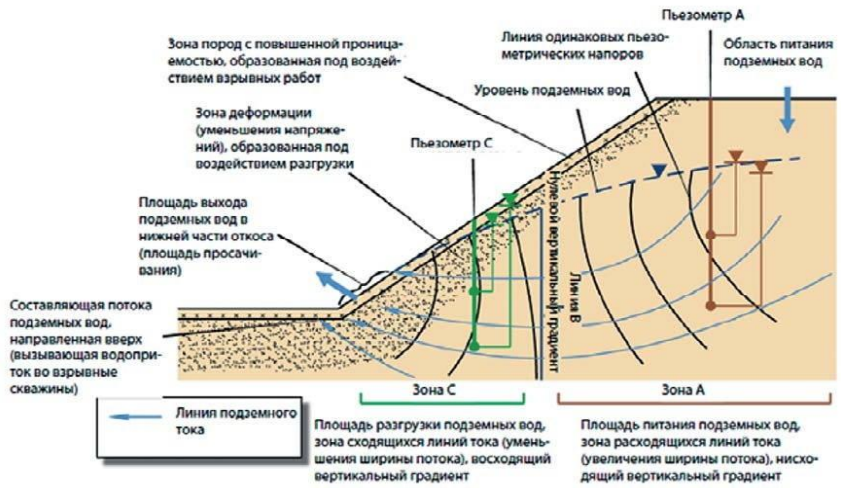


Рисунок 4 - Схема размещения пьезометров для определения вертикальных градиентов

Мониторинг фактического распределения порового давления, градиентов подземных вод по вертикали оценивается по внутрикарьерным профилям, выходящим в область питания подземных вод (рис.4). Следует отметить, что современный уровень развития средств контроля за состоянием подземных вод позволяет в автоматическом режиме с частотой от несколько секунд до года считывать показатели порового давления, температуры, минерализации подземных вод, дебита дренажных устройств, производительности водоотлива, переводить их в цифры и по радиоканалам передавать на станцию мониторинга.

Обсуждение результатов:

- Снижение рисков: Современные модели позволяют перейти от реактивного управления устойчивостью (после обрушения) к проактивному, прогнозируя деформации.
- Ограничения: Точность модели напрямую зависит от качества входных данных (физико-механических свойств пород), получаемых при инженерно-геологических изысканиях.
- Комплексный подход: В мировой практике наилучшие результаты дает сочетание численного моделирования с системами мониторинга (радары, спутниковая геодезия).
- Экономическая эффективность: Правильное применение моделей позволяет увеличить углы наклона бортов, что значительно снижает объемы вскрышных работ при обеспечении безопасности.

Ключевые современные инструменты:

- [UDEC/3DEC (Itasca): Для моделирования сплошных и трещиноватых сред.
- [RS3/RS2 (Rocscience): Для 2D и 3D конечно-элементного анализа.
- [FLAC3D: Для комплексного геомеханического моделирования.

Применение современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) значительно повышает точность оценки устойчивости бортов карьеров за счет учета блочности, сейсмичности и неоднородности пород. В мировой практике преобладает 3D-моделирование, в то время как в Кыргызстане акцент делается на сейсмически активные условия Тянь-Шаня и адаптацию методов для глубоких карьеров.

Результаты исследования и обсуждение:

- Мировая практика:
  - Активное использование программных продуктов (RS3, Geoslope Slope/W) для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС).
  - Развитие методов численного моделирования для анализа рисков оползней, вызванных техногенными трещинами.
  - Выявлено, что при увеличении влажности пород коэффициент устойчивости снижается, а с увеличением высоты борта — уменьшается.
  - Применение «сценарного прогнозирования» для оценки поведения бортов при различных геологических условиях.
- Кыргызстан (практика и исследования):
  - Разработка методик оценки устойчивости с учетом сейсмичности региона (Тянь-Шань), что критично при расчете коэффициента запаса.
  - Использование горного сканера (3D-сканирование) для выявления структурных особенностей и элементов залегания, что крайне важно для анализа анизотропных карьерных откосов.
  - Оценка устойчивости бортов уступов на основе расчетов с учетом разрывных нарушений и трещин.
  - Применение комплексного подхода, объединяющего лабораторные исследования физико-механических свойств пород с численным моделированием.

Выводы. Устойчивость бортов карьеров является важнейшим фактором безопасной и эффективной разработки месторождений. Анализ устойчивости требует учета большого количества факторов, включая геологические, гидрогеологические и технологические условия. Современные геомеханические модели позволяют более точно прогнозировать поведения массивов горных пород и предотвращать аварийные ситуации.

Использование численного моделирования и современных программных комплексов значительно повышает надежность расчётов и способствует повышению безопасности горных работ. Таким образом, применения современных геомеханических методов является необходимым условием эффективной разработки карьеров.

Исследование устойчивости бортов карьеров с использованием современных геомеханических моделей (метод конечных элементов, предельного равновесия) позволяет с высокой точностью прогнозировать деформации массива с учетом сложной геологии, гидрогеологии и нагрузок. Ключевой вывод: применение 3D-моделирования и сценарного анализа обеспечивает оптимизацию углов наклона бортов, повышая безопасность горных работ и экономическую эффективность при увеличении глубины разработки.

Список литературы

1. Бычин А.К. Геомеханическое обоснование устойчивости бортов карьера с учетом влияния крупных техногенных трещин и подземной отработки. — Диссертация.
2. Вестник КРСУ (Кыргызско-Российский Славянский университет). Статьи по моделированию устойчивости бортов карьеров на месторождениях Кыргызстана с использованием современных программных комплексов.
3. Фисенко Г.Л. Геомеханика.
4. Мельников Н.В. Механика горных пород.
5. Попов В.Н. Геомеханика массивов горных пород
6. Ржевский В.В. Открытые горные работы
7. Журнал горная промышленность
8. Ляпин И.Н., Королев Д.О., Коровин И.Ю., Корнев А.Ю., Коваль М.Е., Попов А.А. Опыт применения геомеханического моделирования на этапе проектирования скважин. Нефть. Газ. Новации. 2019;(10):17–20.
9. Павлов В.А., Поляков Д.А., Субботин М.Д., Меликов Р.Ф., Павлюков Н.А., Поспелова Т.А. К вопросу импортозамещения в геомеханическом моделировании. Технологии нефти и газа. 2019;(2):3–9.
10. Хлопцова М.В. Задачи геомеханического моделирования при разработке месторождений и эксплуатаций. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017;(4):107–116.
11. Гвишиани А.Д., Кафтан В.И., Красноперов Р.И., Татаринов В.Н. Геоинформатика и системный анализ в геофизике и геодинамике. Физика Земли. 2019;(1):42–60.

УДК 502.171:504.54:622.271

А.Р. Хасенов, Т.К. Токтокожоева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.R. Khasenov, T.K. Toktokozhoeva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ БИШКЕКА НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРОВ СЕЛА ОЗЁРНОЕ

БИШКЕКТИН АЙЛАНАСЫНДАГЫ КУМ КАРЬЕРЛЕРИН СУУ ЧАРБАЧЫЛЫК БАГЫТТА РЕКУЛЬТИВАЦИЯЛООНУН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУ (ОЗЁРНОЕ АЙЫЛЫНЫН КАРЬЕРЛЕРИНИН МИСАЛЫНДА)

EFFICIENCY OF WATER-BASED RECLAMATION OF SAND QUARRIES IN THE VICINITY OF BISHKEK USING THE EXAMPLE OF OZYORNOE QUARRIES

Макалада Чүй өрөөнүнүн түндүк-батыш бөлүгүндө жайгашкан Озерное айылынын аймагындагы кум карьерлеринин суу чарбачылык багытында рекультивациялоонун натыйжалуулугу каралат. Изилдөөнүн максаты мурунку карьер чуңкурларында пайда болгон суу объектилеринин экологиялык жана чарбалык жыйынтыктарын баалоо болуп саналат. Аймактын жаратылыш шарттарын, бузулган жерлердин абалын жана орнитологиялык байкоолордун маалыматтарын талдоонун негизинде карьерлердин суу менен табигый толушу туруктуу экинчи экосистемалардын калыптанышына алып келгени көрсөтүлдү.

Түйүндүү сөздөр: *рекультивация, кум карьерлери, суу чарбачылык ыкмасы, техногендик ландшафт, суу объектилери, орнитофауна.*

В статье рассматривается эффективность водохозяйственной рекультивации песчаных карьеров, расположенных в районе села Озёрное в северо-западной части Чуйской долины. Цель исследования состоит в оценке экологических и хозяйственных результатов уже сформировавшихся карьерных водоёмов. На основе анализа природных условий территории, состояния нарушенных земель и данных орнитологических наблюдений показано, что естественное заполнение выработок водой привело к формированию устойчивых вторичных экосистем. Установлено, что водохозяйственная рекультивация в данных условиях обеспечивает одновременно стабилизацию техногенного рельефа, хозяйственную ценность и рост биоразнообразия.

Ключевые слова: *рекультивация, песчаные карьеры, водохозяйственный метод, техногенный ландшафт, карьерные водоёмы, орнитофауна.*

The article examines the efficiency of water-based reclamation of sand quarries located near Ozyornoe village in the north-western part of the Chuy Valley. The study aims to assess the environmental and economic outcomes of already formed quarry reservoirs. Based on the analysis of natural conditions, disturbed lands and bird observation data, it is shown that natural filling of worked-out pits with water has resulted in stable secondary ecosystems. Under these conditions, water-based reclamation provides relief stabilization, practical economic value and a marked increase in biodiversity.

Key words: *reclamation, sand quarries, water-based method, technogenic landscape, quarry reservoirs, avifauna.*

Введение. Разработка песчаных месторождений в окрестностях Бишкека на протяжении длительного времени остаётся одним из факторов интенсивного техногенного преобразования природного ландшафта. Особенно заметно это проявляется в северо-западной части Чуйской долины, где в районе села Озёрное сформировалась система карьерных выработок различной площади, глубины и степени последующей трансформации. В условиях продолжающегося освоения нерудных строительных материалов проблема рекультивации нарушенных земель приобретает не только экологическое, но и хозяйственное значение.

Актуальность исследования определяется тем, что часть карьеров данной территории уже перешла в стадию естественного обводнения и фактически представляет собой результат водохозяйственной рекультивации. Следовательно, речь идёт не о теоретическом проектировании будущих мероприятий, а об оценке реально сложившейся формы посттехногенной трансформации, которая может быть рассмотрена как практическая модель восстановления нарушенных земель для аналогичных участков Чуйской долины.

Целью работы является оценка эффективности водохозяйственной рекультивации песчаных карьеров района Озёрного по совокупности инженерных, хозяйственных и экологических показателей. Для достижения цели были поставлены задачи: охарактеризовать природные условия исследуемой территории, определить особенности нерешённости земель, обосновать выбор водохозяйственного направления восстановления, а также оценить влияние сформировавшихся водоёмов на биоразнообразие территории.

Обзор литературы. Современные подходы к восстановлению нарушенных земель рассматривают рекультивацию как комплекс организационных, технических, биологических и мониторинговых мероприятий, направленных на возвращение земель в хозяйственный оборот и восстановление их экологических функций [1-3]. В методических указаниях по составлению проектов рекультивации подчёркивается, что выбор направления восстановления должен опираться на природно-климатические условия территории, характер нарушения, гидрогеологические особенности участка и дальнейшее целевое использование земель [1].

В научной литературе карьерные водоёмы рассматриваются как вторичные экосистемы, формирующиеся на месте выработанных горных выемок. По данным W.J. Mitsch и J.G. Gosselink, водно-болотные экосистемы способны обеспечивать широкий спектр экологических функций, включая поддержание биоразнообразия, формирование кормовой базы для птиц и регулирование локального водного режима [4]. В работах A. Bradshaw показано, что в ряде случаев естественные процессы восстановления нарушенных земель позволяют получить более устойчивый результат, чем полное инженерное преобразование территории [5].

Международные природоохранные подходы, в частности система Important Bird Areas, рассматривают водоёмы и прибрежные участки как ключевые элементы миграционных маршрутов и мест концентрации орнитофауны [6]. Поэтому оценка эффективности рекультивации должна учитывать не только техническую устойчивость ландшафта, но и его способность выполнять новые экологические функции.

Теоретическая основа исследования. Теоретической основой исследования является представление о рекультивации как о процессе перехода техногенное нарушенного участка в устойчивое вторичное состояние. В случае песчаных карьеров возможны различные направления восстановления: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное, природоохранное и водохозяйственное [1,2]. Выбор конкретного варианта определяется сочетанием геологических, гидрогеологических и социально-экономических условий.

Для песчаных карьеров района Озёрного наиболее существенными факторами являются высокий уровень грунтовых вод, значительная водопроницаемость песчаных пород и ограниченная пригодность нарушенного субстрата для быстрого восстановления плодородного почвенного слоя. В таких условиях обратная засыпка карьеров сопряжена с высокими затратами и не обеспечивает очевидного преимущества по сравнению с естественным формированием водоёмов. Следовательно, водохозяйственное направление рекультивации в данном случае опирается на уже существующие природные процессы, а не противостоит им.

Под эффективностью рекультивации в рамках данной работы понимается совокупный результат восстановления, включающий инженерную устойчивость нарушенного рельефа, хозяйственную полезность сформировавшихся водных объектов и экологическую значимость территории как нового местообитания для представителей флоры и фауны.

Методы и материалы исследования. Объектом исследования являются песчаные карьеры, расположенные в районе села Озёрное. Общая площадь исследуемой территории составляет 645 гектаров, из которых около 35 гектаров заняты активными карьерными участками. Остальная часть включает выработанные карьеры различной степени трансформации, уже сформировавшиеся водоёмы и прилегающие сельскохозяйственные угодья.

В работе использовались методы описательного и сравнительного анализа. Для оценки состояния территории учитывались данные визуального анализа планировочной структуры карьеров, сведения о природных условиях района, а также информация о существующих рекультивированных участках. Дополнительно использовались данные орнитологических наблюдений платформы eBird по hotspot L4970623, позволяющие оценить фаунистическое значение карьерных водоёмов [3].

При интерпретации результатов использовались положения методических указаний по рекультивации нарушенных земель [1], нормы природоохранного законодательства Кыргызской Республики [2], а также международные подходы к оценке значимости водно-болотных местообитаний и орнитологически ценных участков [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Исследуемая территория расположена в пределах аллювиальных песчаных отложений северной части Чуйской долины. Для неё характерны рыхлый песчаный субстрат, высокая фильтрационная способность пород и близкое залегание грунтовых вод. В результате длительной добычи песка сформировались карьерные выемки различной морфологии, часть которых после прекращения эксплуатации естественным образом заполнилась водой.

Практические наблюдения показывают, что сформировавшиеся водоёмы обеспечивают более устойчивое состояние бывших карьерных участков по сравнению с открытыми незаполненными выработками. После обводнения карьерных чаш уменьшается интенсивность пылеобразования, замедляется развитие ветровой эрозии и стабилизируются откосы. Тем самым нарушенный рельеф переходит в менее деградационно-опасное состояние [5].

Хозяйственная эффективность рекультивации проявляется в возможности использования части карьерных водоёмов в рыбохозяйственных целях. Кроме того, сформированные водные объекты обладают ценностью как локальные запасы воды, которые могут использоваться для нужд прилегающих сельскохозяйственных территорий в периоды дефицита влаги. Таким образом, нарушенные земли получают новую прикладную функцию.

Наиболее выраженный результат рекультивации проявляется в экологической трансформации территории. После образования водоёмов началось развитие прибрежной влаголюбивой растительности, что создало новые кормовые и защитные условия для животных. По данным eBird на территории карьерных водоёмов зарегистрировано 249 видов птиц [3]. Для локального техногенного участка это исключительно высокий показатель, свидетельствующий о высокой экологической ценности территории.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в условиях района Озёрного водохозяйственная рекультивация не является случайным следствием заброшенности карьеров, а представляет собой закономерную и устойчивую форму посттехногенной трансформации территории. Естественное заполнение выработок водой оказалось согласованным с природными условиями участка и привело к формированию новых функционально ценных ландшафтных элементов.

По сравнению с потенциальной обратной засыпкой карьеров данный вариант восстановления имеет несколько существенных преимуществ. Во-первых, он экономически менее затратен, поскольку не требует масштабного перемещения грунта. Во-вторых, он обеспечивает длительную инженерную стабильность карьерных чаш. В-третьих, он создаёт новую хозяйственную функцию территории и одновременно повышает её экологическую значимость.

Особое значение имеет орнитологический эффект. Высокое разнообразие птиц указывает на то, что карьерные водоёмы фактически начали выполнять функции вторичных водно-болотных местообитаний. Хотя исследуемая территория не имеет официального статуса ключевой орнитологической территории, по своим функциональным характеристикам она уже демонстрирует свойства, близкие к участкам, выделяемым в международной практике как Important Bird Areas [6]. Это позволяет рассматривать рекультивацию не только как способ

уменьшения ущерба, но и как процесс формирования новых экологически значимых ландшафтов.

Выводы. Исследование показало, что водохозяйственная рекультивация песчаных карьеров района Озёрного является наиболее эффективным направлением восстановления нарушенных земель в данных природных условиях. Её эффективность подтверждается одновременно в инженерном, хозяйственном и экологическом аспектах.

Формирование карьерных водоёмов приводит к стабилизации нарушенного рельефа, снижению пылеобразования, появлению хозяйственно полезных водных объектов и развитию новых местообитаний для животных. Высокое орнитологическое разнообразие, выраженное в регистрации 249 видов птиц, свидетельствует о значительном экологическом потенциале рекультивированных участков.

Следовательно, опыт района Озёрного показывает, что при наличии благоприятных гидрогеологических условий водохозяйственное направление может рассматриваться как рациональная и устойчивая форма восстановления песчаных карьеров в окрестностях Бишкека.

Список литературы

1. Методические указания по составлению проекта рекультивации нарушенных земель при недропользовании. – Бишкек, 2026. – 42 с.
2. Об охране окружающей среды: Закон Кыргызской Республики от 16 июня 1999 года № 53 [Электронный ресурс].
3. eBird. Ozyornoe hotspot bird list [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ebird.org/hotspot/L4970623/bird-list
4. Mitsch W.J., Gosselink J.G. Wetlands. – 5th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. – 736 p.
5. Bradshaw A. Restoration of mined lands using natural processes // Ecological Engineering. – 2000. – Vol. 8. – P. 255–269.
6. BirdLife International. Important Bird Areas: global criteria and regional applications. – Cambridge, 2018.

УДК 504.05:622.235

Ч.К. Шапакова, Б.Ч. Кочорбаев, Б. Замирбай уулу
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Ch.K. Shapakova, B.Ch. Kochorbaev, B. Zamirbay uulu
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ВЛИЯНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РАЙОНАХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК)

ТОО-КЕН КАЗЫП АЛУУ ИШТЕРИНДЕ БУРГУЛАП ЖАРДЫРУУ ИШТЕРИНИН АЙЛАНА-ЧӨЙРӨГӨ ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ (БОЗЫМЧАК КЕНИНИН МИСАЛЫНДА)

ENVIRONMENTAL IMPACT OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS IN MINING AREAS (CASE STUDY OF THE BOZYMCHAK DEPOSIT)

Бул макалада Бозымчак кенинде жүргүзүлгөн бургулап-жардыруу иштеринин айлана-чөйрөгө тийгизген таасири каралды. Изилдөөнүн актуалдуулугу тоо-кен өндүрүшүнүн өсүшү жана айлана - чөйрөгө экологиялык таасирдин көбөйүшү менен түшүндүрүлөт. Абанын булганышы, топурактын бузулушу, ызы-чуу жана титирөө факторлору талданды. Жыйынтыгында жардыруу аймагында экологиялык таасир күчтүү экени аныкталды. Экологиялык коркунучтарды азайтуу жолдору сунушталды.

Түйүндүү сөздөр: *жардыруу иштери, экологиялык таасир, абанын булганышы, тоо-кен өндүрүшү, титирөө, ызы-чуу.*

В работе рассматриваются экологические последствия буровзрывных работ на месторождении Бозымчак. Актуальность исследования связана с ростом объемов горнодобывающей деятельности и усилением антропогенной нагрузки на окружающую среду. Проведен анализ основных факторов воздействия: пылегазовые выбросы, шум, вибрация и загрязнение почв. Установлено, что наибольшее влияние наблюдается в зоне проведения взрывов. Обоснована необходимость применения современных методов снижения экологического ущерба.

Ключевые слова: *буровзрывные работы, экологическое воздействие, горнодобыча, загрязнение воздуха, вибрация, шум.*

The article analyzes the environmental impact of drilling-and-blasting operations at the Bozymchak deposit. The relevance is обусловлена increasing mining activity and environmental pressure. The study examines air pollution, soil degradation, noise and vibration effects. It was found that the most significant impact occurs near blasting zones. The necessity of implementing environmentally friendly technologies is justified.

Key words: *drilling-and-blasting operations, environmental impact, mining, air pollution, vibration, noise.*

Введение.

Развитие горнодобывающей промышленности сопровождается усилением воздействия на окружающую среду. Особенно значимым источником негативного влияния являются буровзрывные работы, которые применяются при разработке месторождений полезных ископаемых. Буровзрывные работы (БВР) являются ключевым этапом добычи полезных ископаемых в горнодобывающей промышленности. Они обеспечивают эффективное разрушение горной породы и подготовку её к последующей переработке [1,2].

Однако такие работы оказывают значительное воздействие на окружающую среду: загрязняют воздух, воду и почву, нарушают экосистемы и биоту региона [3].

Месторождение Бозымчак расположено на высоте около 2400 метров над уровнем моря. Рудник находится в Ала-Букинском районе Джалал-Абадской области Кыргызстана, в горах Тянь-Шаня, и характеризуется высокогорными условиями работы. ГОК «Бозымчак» специализируется на добыче и переработке 1 миллиона тонны руды в год. Конечный продукт производства медный концентрат с попутным содержанием золота и серебра. ГОК «Бозымчак» включает несколько производственных площадок: карьеры, дробильные установки, хвостохранилища и обогатительные фабрики. Основные этапы производства:

1. Бурение скважин для закладки взрывчатых веществ.
2. Взрыв горной массы с использованием контролируемых зарядов.
3. Переработка руды и транспортировка на обогатительную фабрику.

Объем добычи руды в 2023 году составил ~120 тыс. тонн, площадь нарушенной территории — ~25 га. Срок эксплуатации рудника 18лет [1-4]. Бозымчак является одним из крупных горнорудных объектов, где активно использовались взрывные технологии.

Цель данной работы — комплексная оценка влияния БВР на окружающую среду в этом регионе и предложение методов минимизации негативного воздействия.

Задачи исследования:

– определить основные источники загрязнения;

– оценить характер и степень воздействия;

– предложить пути снижения экологического ущерба.

Обзор литературы. Проблема техногенного воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду является одной из актуальных в современной экологической науке. В частности, буровзрывные работы рассматриваются как один из наиболее интенсивных источников загрязнения атмосферы, а также физических воздействий на природные компоненты экосистем. Вопросы экологической безопасности горных разработок освещаются в трудах отечественных и зарубежных исследователей, посвящённых инженерной экологии и технологии добычи полезных ископаемых.

Общая характеристика проблемы представлена в работах классиков горного дела и инженерной экологии, таких как В.В. Ржевский, К.Н. Трубецкой и В.В. Глухов, где рассматриваются основные принципы воздействия горного производства на природную среду [5-8]. В данных исследованиях подчёркивается, что буровзрывные процессы являются неизбежным элементом открытой добычи, сопровождающимся образованием пылегазовых выбросов, шумовым и вибрационным воздействием [5-8].

Современные исследования подчеркивают необходимость комплексного подхода к оценке воздействия. Однако остаются недостаточно изученными вопросы локального влияния на конкретных месторождениях, включая Бозымчак.

Теоретическая основа исследования.

При взрыве происходит разрушение горной массы с выделением значительного количества энергии. Это сопровождается:

– образованием пылевых облаков;

– выделением газов (оксиды азота, угарный газ);

– распространением ударных волн;

– возникновением вибраций.

С точки зрения экологии, такие процессы рассматриваются как источники техногенного воздействия. Их интенсивность зависит от массы заряда, геологических условий и технологии проведения взрывных работ.

Методы и материалы: анализ научных публикаций; сравнительный метод; обобщение данных по горнодобывающим объектам [5,9-14]. Также учитывались особенности технологического процесса на месторождении Бозымчак [5,14].

Оценка воздействия проводилась по уровню запыленности воздуха; интенсивности шума и степенью вибрационного воздействия.

Результаты.

В ходе исследования выявлены следующие закономерности:

1. Загрязнение воздуха

В процессе буровзрывных работ происходит интенсивное образование пыли и газообразных продуктов взрыва, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха. Основными загрязнителями являются твердые частицы (пыль), оксиды азота, оксид углерода и сернистые соединения [9-14].

При массовых взрывах формируются пылевые облака, которые могут распространяться на значительные расстояния под действием ветра, создавая зоны загрязнения вокруг горнодобывающих объектов. Мелкодисперсная пыль обладает высокой подвижностью и способна длительное время находиться в воздухе, ухудшая качество атмосферной среды и оказывая негативное влияние на здоровье человека.

Исследования показывают, что буровые и взрывные работы являются одним из основных источников аэрозольного загрязнения в горнодобывающей промышленности. Пыль образуется на всех стадиях технологического процесса — при бурении, взрывании, погрузке и транспортировке горной массы [9-14].

Кроме того, при взрывах происходит выброс вредных газов и продуктов неполного разложения взрывчатых веществ, что усиливает химическое загрязнение воздуха и может приводить к образованию кислотных осадков в районах интенсивной добычи.

Таким образом, уровень загрязнения воздуха в районах горных разработок напрямую зависит от параметров взрыва (массы заряда, глубины скважин), метеорологических условий и применяемых технологий пылеподавления. Ниже приведены данные анализа исследований содержания пыли и газов на карьере ГОК «Бозымчак» (табл.1 и рис.1)

Таблица 1. - Содержание пыли и газов на карьере ГОК «Бозымчак» (по данным аналогичных исследований, 2022–2024 гг.)

Показатель	Фактическая концентрация	Предельно допустимый уровень (ПДК)
Пыль (взвешенные вещества)	0,18- 0,35	0,5
NO_2 (мг/м³)	0,03-0,08	0,2
CO (мг/м³)	0,4-2,5	5
SO_2 (мг/м³)	0,01-0,05	0,5

Анализ данных о содержании пыли и газообразных загрязняющих веществ в районе ГОК «Бозымчак» показал, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в целом находится в пределах допустимых нормативов, однако имеет ряд особенностей.

Установлено, что концентрация пыли в атмосферном воздухе (0,18–0,35 мг/м³) не превышает предельно допустимую концентрацию (0,5 мг/м³), что свидетельствует об относительно благоприятном состоянии воздушной среды в санитарно-защитной зоне. В то же время в рабочей зоне карьера содержание пыли достигает 10–18 мг/м³, что превышает нормативные значения в 2–4 раза и указывает на неблагоприятные условия труда.

Концентрации газообразных загрязнителей, таких как диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO) и диоксид серы (SO_2), находятся ниже установленных ПДК. Это свидетельствует о том, что их влияние на окружающую среду менее выражено по сравнению с пылевым фактором.

Таким образом, основным загрязняющим фактором на ГОК «Бозымчак» является пыль, особенно в пределах рабочей зоны, тогда как газовые выбросы играют второстепенную роль. Полученные данные подчеркивают необходимость приоритетного внедрения мероприятий по снижению запыленности и улучшению условий труда работников.

Для уменьшения запыленности на ГОК «Бозымчак» применяются следующие меры: орошение дорог и рабочих зон; использование пылеулавливающих установок; герметизация технологического оборудования;

рекультивация отвалов; озеленение санитарно-защитной зоны.

Эффективность данных мероприятий напрямую зависит от регулярного экологического мониторинга.

С целью снижения концентрации пыли применяются различные методы пылеподавления, эффективность которых зависит от условий производства и характеристик технологических процессов. Наиболее распространёнными являются орошение водой и укрепление (покрытие) откосов, которые позволяют существенно уменьшить уровень запылённости воздуха.

Представленная ниже диаграмма (рис.1) отражает сравнительную эффективность различных методов пылеподавления, включая отсутствие мероприятий, водное орошение и покрытие откосов. Анализ данных позволяет оценить степень снижения пылевой нагрузки и определить наиболее результативные экологические меры при ведении горных работ.

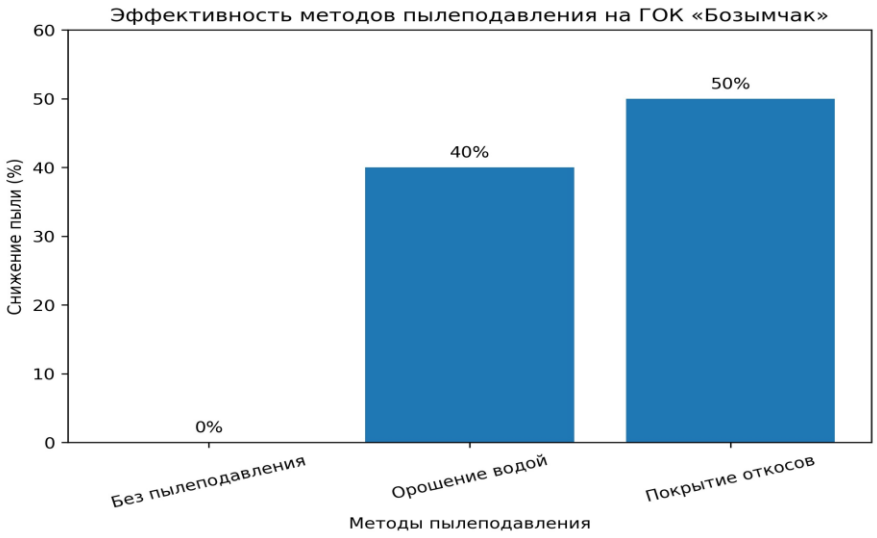


Рисунок 1 - Эффективность методов пылеподавления на ГОК «Бозымчак»

Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности мероприятий по пылеподавлению на ГОК «Бозымчак», при этом установлено, что наиболее результативным методом является покрытие откосов, обеспечивающее снижение пылевой нагрузки до 50%, тогда как орошение водой снижает запыленность до 40%, что обосновывает необходимость внедрения комплексной системы пылеулавливания.

Для месторождения Бозымчак характерно значительное, но контролируемое воздействие шума и вибрации, обусловленное регулярным применением буровзрывных работ. Интенсивность шума носит кратковременный импульсный характер и может достигать высоких значений вблизи источника, однако снижается с расстоянием и при соблюдении технологических параметров не приводит к длительному превышению нормативов.

Вибрационное воздействие является более критичным фактором, поскольку распространяется на значительные расстояния через массив горных пород. При этом ключевым параметром контроля является PPV, который на Бозымчаке регулируется за счёт оптимизации массы заряда и применения короткозамедленного взрывания. Таким образом, при соблюдении современных технологий ведения взрывных работ и экологического мониторинга уровень воздействия на окружающую среду оценивается как допустимый, однако требует постоянного контроля и совершенствования методов снижения шума и вибраций.

Выводы.

В ходе анализа данных исследований проведена комплексная экологическая оценка пылевого загрязнения, шумового и вибрационного воздействия на территории ГОК «Бозымчак». Установлено, что функционирование горнодобывающего предприятия сопровождается формированием техногенной нагрузки на окружающую среду, обусловленной буровзрывными работами, транспортировкой горной массы, переработкой руды и работой тяжёлой техники. Результаты исследования показали, что основным фактором негативного воздействия является пылевое загрязнение, уровень которого в рабочей зоне может превышать предельно допустимые концентрации, тогда как в санитарно-защитной зоне значения, как правило, остаются в пределах нормативов. Это свидетельствует о локальном, но интенсивном характере воздействия пыли в пределах производственной площадки.

Таким образом, экологическая ситуация на ГОК «Бозымчак» характеризуется комплексным воздействием пыли, шума и вибрации, при ведущей роли пылевого фактора. Для снижения негативного влияния на окружающую среду и улучшения условий труда рекомендуется внедрение системы комплексных природоохранных мероприятий,

включающих пылеподавление, шумозащитные меры, контроль вибраций и регулярный экологический мониторинг.

Список литературы

1. Ганопольский М.И., Барон В.Л., Белин В.А., Пучков В.В., Сивенков В.И. Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы: Учебное пособие [Электронный ресурс] М.: Изд-во МГГУ 2007
2. Додис Я.М., Нифадьев В.И. Разрушение горных пород при бурении и взрывании: учебное пособие [электронный ресурс] Бишкек: Изд-во КРСУ 2017
3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов [Электронный ресурс] М.: Изд-во "Горная книга" 2009
4. Никоноров В.В., Караев Ю.В., Борисов Ф.И., Тольский В.И., Замалетдинов Т.С., Ларина Т.В., Горбанева Т.В. Золото Кыргызстана. Книга 2. Описание месторождений. Рудные. Бишкек, "Наси", 2004. - 272 с. (Бозымчак – стр. 33-36)
5. ПРАВИЛА безопасности при взрывных работах (утверждены постановлением Правительства КР от 30 сентября 2016 года N 5 21) https://online.toktom.kg/Log On?ReturnUrl=%
6. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. 1–2. — М.: Недра, 1985. — 560 с. (С. 220–260).
7. Трубецкой К.Н. Экология горного производства. — М.: Горная книга, 2005. — 280 с. (С. 85–132).
8. Глухов В.В., Лисов В.И. Инженерная экология. — СПб.: Питер, 2007. — 496 с. (С. 210–255).
9. Научно-технический сборник "Взрывное дело", выпуски 2012-2015 гг. http://www.iprbookshop.ru/3 0160.html?
10. Алейников Н.Н., Вершинин Н.Н., Шведов К.К. Проблемы мониторинга экологической безопасности окружающей среды в местах проведения взрывных работ // Записки Горного института. 2001. Т. 148. Вып. 2. С. 3-5.
11. Минимизация риска загрязнения селитебных зон пылью при открытой добыче руд / В.И. Голик, В.Х. Дзапаров, М.Ю. Лискова, С.А. Масленников // Безопасность труда в промышленности. – 2024. – № 1. – С. 56–60. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-1-56-60
12. Мислибаев И.Т., и др. Уменьшение пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах // Известия вузов. Горный журнал. — 2017. — №2. — С. 39–43.
13. Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж., Шарипов З.С. Расчет параметров пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах // Горный вестник Узбекистана. — 2017. — №1. — С. 33–35.
14. Alpiev E.A., Shamsutdinov M.M., Akmatalieva M.S. Geological features and physical and mechanical properties of rocks of the Bozymchak deposit // Herald of KRSU. — 2023. — Vol. 23, No. 4. — P. 162–168.

УДК 519.6:539.3

Э.К. Абдылдаев, А.И. Акжолова
Алматы технологиялык университети, Алматы, Казахстан Республикасы
Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан Республика

E.K. Abdyldaev, A.I. Akzholova
Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
asel_zhalyn@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СРЕД

ЧӨЙРӨЛӨРДҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДЕРИН ИШКЕ АШЫРУУДА МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯ

INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE IMPLEMENTATION OF CONTINUUM MATHEMATICAL MODELS

Бул иште сызыктуу ийкемдүүлүк теориясынын алкагында бүтүндөй чөйрөнүн математикалык моделин сандык ишке ашыруунун концептуалдык негизделген маалыматтык технологиясы сунушталган. Модель жалпак деформация шарттарында сызыктуу үч бурчтуу элементти колдонуу менен акыркы элементтер методуна негизденип түзүлгөн. Маселенин вариациялык коюлушу формалдаштырылып, форма функцияларын, деформация матрицасын жана материалдын ийкемдүүлүк мүнөздөмөлөрүнүн матрицасын түзүү процедурасы этап-этабы менен баяндалган. Жергиликтүү катуулук матрицаларын түзүү жана аларды чек ара шарттарын эске алуу менен глобалдык теңдемелер системасына бириктирүү алгоритми кеңири түшүндүрүлгөн. Алынган системанын туруктуулугу жана сандык шарттуулугу боюнча теориялык талдоо жүргүзүлгөн. Ишгелип чыккан ыкма эсептик аймактагы чыңалуу-деформация абалынын параметрлерин так эсептөөнү камсыз кылаары жана татаалдашкан деформация мыйзамдары бар маселелерге кеңейтүү мүмкүнчүлүгүнө ээ экени көрсөтүлгөн. Алынган жыйынтыктар инженердик жана геомеханикалык эсептөөлөрдө колдонууга багытталган.

Түйүндүү сөздөр: *маалымат, технология, ыкмалар, элементтер, моделдер, алгоритмдер, программалар, ишке ашыруу, сандар, ийкемдүүлүк, моделдөө, чөйрө.*

В работе концептуально обоснованная информационная технология численной реализации математической модели сплошной среды в рамках линейной теории упругости. Модель построена на основе метода конечных элементов с использованием линейного треугольного элемента в условиях плоской деформации. Выполнена формализация вариационной постановки задачи и поэтапно раскрыта процедура построения функций формы, матрицы деформаций и матрицы упругих характеристик материала. Детализирован алгоритм формирования локальных матриц жесткости и их агрегирования в глобальную систему уравнений с учетом граничных условий. Проведен теоретический анализ устойчивости и численной обусловленности полученной системы. Показано, что разработанный подход обеспечивает корректное вычисление параметров напряженно-деформированного состояния расчетной области и обладает потенциалом расширения для

задач с усложненными законами деформирования. Полученные результаты ориентированы на применение в инженерных расчетах.

Ключевые слова: *информация, технология, методы, элементы, модели, алгоритмы, программы, реализация, числа, упругость, моделирование, среда.*

This paper presents a conceptually grounded information technology framework for the numerical implementation of a continuum mathematical model within the framework of linear elasticity theory. The model is developed using the finite element method with a linear triangular element under plane strain conditions. The variational formulation of the problem is formalized, and the procedures for constructing shape functions, the strain-displacement matrix, and the elasticity matrix of the material are described step by step. Particular attention is given to the algorithm for forming local stiffness matrices and assembling them into a global system of algebraic equations with appropriate boundary conditions. A theoretical analysis of the stability and numerical conditioning of the resulting system is carried out. It is demonstrated that the proposed approach ensures accurate evaluation of stress–strain state parameters within the computational domain and provides a basis for further extension to problems involving more complex constitutive relationships. The obtained results are intended for application in engineering analysis and geomechanically computations.

Key words: *information, technology, methods, elements, models, algorithms, programmes, implementation, numbers, elasticity, modelling, environment.*

Введение. В работе разработаны механико-математические модели породного массива, отражающие полный комплекс прочностных и деформационных свойств горных пород. Эти модели необходимо реализовать в виде численных процедур, обеспечивающих выполнение заданных законов состояния с помощью метода конечных и граничных элементов в условиях плоской деформации [1,2].

Метод конечных элементов является одним из самых распространенных методов решения прикладных задач. Наглядность метода, сравнительная простота его применения в случае областей сложного рельефа, а также возможность учета разнообразные и сложные свойства горных пород и грунтов сделали его весьма популярным среди широкого круга исследователей. В настоящее время МКЭ является мощным средством приближенного решения дифференциальных уравнений, описывающих различные физические процессы. МКЭ является универсальным, достаточно простым и доступным средством решения сложных разнообразных задач механики. Он позволяет легко учитывать произвольно задаваемые граничные условия - в виде заданных контурных или массовых сил, заданных перемещений границ или внутренних точек области. С одинаковой простотой решаются задачи в однородных и неоднородных средах, в односвязных или многосвязных областях. Легкость МКЭ в установлении для различных областей исследуемого массива своих законов, функций, связывающих узловые силы и перемещения дает возможность использовать различные элементы и значительно повышать эффективность метода. Чтобы гарантировать сходимость конечно- элементного процесса к точному решению, функции перемещения должны удовлетворять следующим критериям:

1- критерий: функция перемещений должна быть выбрана таким образом, чтобы не возникала деформация элемента при узловых перемещениях, вызванных его смещениям как жесткого тела;

2- критерий: функция перемещений должна быть такой, чтобы в случае, когда узловые перемещения соответствуют условию постоянной деформации, это состояние действительно реализовывалось в элементе;

3- критерий: функция перемещений должна быть выбрана так, чтобы деформации на границах между элементами были конечными.

Материалы и методы исследования. В плоской задаче теории упругости точки напряженной области получают перемещения, характеризуемые компонентами u и v вдоль осей координат x и y. Аналитическое решение упругой задачи в перемещениях представляет

собой отыскание двух функций u (x, y) и v (x, y), непрерывных в рассматриваемой области (рисунок1). В МКЭ эти криволинейные поверхности аппроксимируются набором кусочков плоскостей, имеющих простое уравнение в виде полинома.

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y,$$
$$v = \alpha_4 + \alpha_5 x + \alpha_6 y. \quad (1)$$

где x, y – координаты точки; $\alpha_{1\text{-}6}$ – параметры линеаризации постоянные.

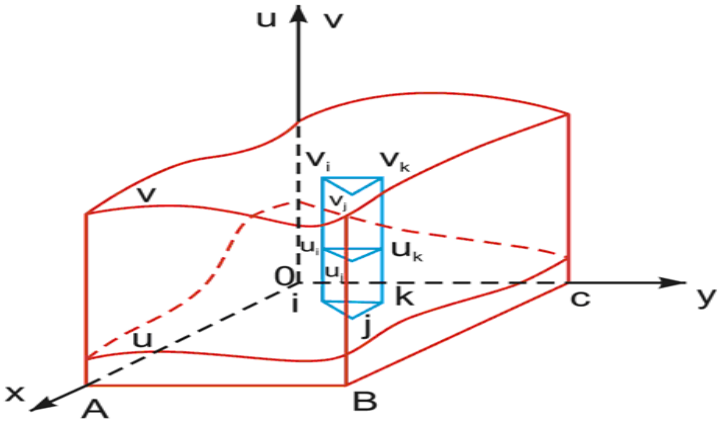


Рисунок 1– Графическое изображение упругого решения

Уравнение (1) для трех узловых точек элемента могут быть записаны в матричной форме:

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = [A]\{\alpha\}, \quad (2)$$

где

$$A = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_j & y_j & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_k & y_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_k & y_k \end{vmatrix}$$ – матрица координат узлов;

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix}$$ и $$\{\alpha\} = \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix}$$ – вектора узловых перемещений и коэффициентов.

Из формулы (2) можно найти постоянные коэффициенты:

$$\{\alpha\} = [A]^{-1}\{uv\}, \quad (3)$$

Путем подстановки найденных значений $\alpha_{1\text{-}6}$ в уравнения (3) получим функции перемещений, выраженные через координаты и перемещения узлов:

$$u = \frac{1}{2\Delta}(a_i + b_i x + c_i y)u_i + (a_j + b_j x + c_j y)u_j + (a_k + b_k x + c_k y)u_k,$$
$$v = \frac{1}{2\Delta}(a_i + b_i x + c_i y)v_i + (a_j + b_j x + c_j y)v_j + (a_k + b_k x + c_k y)v_k. \quad (4)$$

где $2\Delta = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix}$ – определитель, площадь треугольника;

$$a_i = x_j y_k - x_k y_j,$$
$$b_i = y_j - y_k,$$
$$c_i = x_k - x_j$$

причем остальные коэффициенты можно получить циклической перестановкой нижних индексов в последовательности *i*, j, k.

Введя обозначения

$$L_i = (a_i + b_i x + c_i y)/2\Delta,$$
$$L_j = (a_j + b_j x + c_j y)/2\Delta, \quad (5)$$
$$L_k = (a_k + b_k x + c_k y)/2\Delta.$$

(3) запишем в виде

$$u = L_i u_i + L_j u_j + L_k u_k,$$
$$v = L_i v_i + L_j v_j + L_k v_k, \quad (6)$$

где L_i, L_j, L_k - функции формы.

Относительные деформации в пределах элемента определяются по формулам (2) и (4):

$$u = L_i u_i + L_j u_j + L_k u_k,$$
$$v = L_i v_i + L_j v_j + L_k v_k,$$
$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = L'_{ix} u_i + L'_{jx} u_j + L'_{kx} u_k,$$
$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} = L'_{iy} v_i + L'_{jy} v_j + L'_{ky} v_k,$$
$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = L'_{iy} u_i + L'_{jy} u_j + L'_{ky} u_k + L'_{ix} v_i + L'_{jx} v_j + L'_{kx} v_k$$

или в матричной форме

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\}, \quad (7)$$

где, $\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}$, $[B] = \begin{vmatrix} L'_{ix} & L'_{jx} & L'_{kx} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L'_{iy} & L'_{jy} & L'_{ky} \\ L'_{ix} & L'_{jx} & L'_{kx} & L'_{iy} & L'_{jy} & L'_{ky} \end{vmatrix}$.

Значения производных функции формы легко получить дифференцированием формулы (5).

Если подставим формулу в (7), то получим напряжения

$$\{\sigma\} = [D][B]\{\delta\}. \quad (8)$$

Следует отметить, что производные функции формы L′ не зависят от координат; их величины, а также определяемые ими деформации и напряжения в пределах элемента

являются постоянными. Кроме этого, выбранная функция перемещений гарантирует непрерывность перемещений между смежными элементами, поскольку вдоль любой стороны треугольника они изменяются линейно и из равенства перемещений в узлах следует их равенство по всей границе.

Считается, что в МКЭ элементы действуют друг на друга только в узловых точках (рисунок 2). Элемент деформируется за счет того, что в его вершинах приложены шесть компонент узловых сил {F} от соседних элементов или внешних воздействий. Для установления зависимости узловых сил {F} от узловых перемещений {δ} используется принцип виртуальных перемещений. При виртуальном перемещении узловых точек работа узловых сил должна быть равна работе внутренних напряжений. Если зададим виртуальное перемещение dδ по направлению оси x узлу 1, то внешнюю работу совершит только сила X_i:

$$A_{внеш} = X_i d\delta . \tag{9}$$

При этом деформация элемента, вызванная перемещением узла, будет определяться по формуле (7);

$$\{d\varepsilon\} = [B]\{d\delta\}, \tag{10}$$

где, $\{d\delta\} = d\delta\{100\ 000\}^{T.}$

Работа внутренних, реально существующих напряжений при возникновении деформаций {dε} будет

$$A_{вн} = \int_S \left(d\varepsilon_x \sigma_x + d\varepsilon_y \sigma_y + d\gamma_{xy}\tau_{xy}\right) dS = \int_S \{d\varepsilon\}^T \{\sigma\} dS . \tag{11}$$

Или же, после подстановки в (11), формул (8), (10) получим

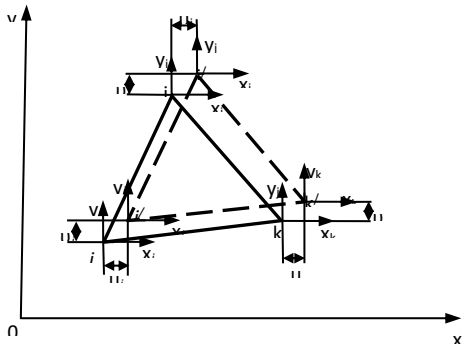


Рисунок 2 – Схема деформирования треугольного элемента узловыми силами

$$A_{вн} = d\delta \int_S \{100000\}[B]^T [D][B]\{\delta\} dS . \tag{12}$$

Приравнивая формулы (9) к (3) получим

$$X_i = \int_S \{100000\}[B]^T [D][B]\{\delta\} dS . \tag{13}$$

Придавая поочередно узлам виртуальное перемещение dδ, получаем еще пять выражений типа (13), отличающихся друг от друга только перемещающейся единицей вправо. Поэтому все шесть выражений для узловых сил могут быть объединены в одной матричной формуле:

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = [k]\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix}, \tag{14}$$

где $[k] = \int_S [B]^T [D][B] dS$ – матрица жесткости элемента (МЖЭ).

Поскольку производная функции формы постоянна в пределах элемента, то интеграл на площади можно заменить на Δ, тогда

$$[k] = \Delta [B]^T [D][B], \tag{15}$$

МЖЭ может быть представлена в виде функции формы

$$[k] = [A]^{-1T} [B']^T [D][B'][A]^{-1}, \tag{16}$$

где $[B'] = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$.

Легко показать, что $[B] = [B'][A]^{-1}$.

МЖЭ имеет ранг 6 и относительно главной диагонали. Из соотношений (8), (14) и (15) можно получить напряжения в элементе с узловыми силами.

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix} = \Delta [B]^T \{\sigma\} \tag{17}$$

Путем объединения матриц жесткости всех элементов области в общую матрицу жесткости системы (МЖС) [K] получим систему линейных уравнений, связывающих узловые силы и перемещения области, решение которой дает возможность получить полный набор параметров напряженно- деформированного состояния в упругой области.

Объединение матриц жесткости элементов в МЖС производится так: член МЖС [K] является суммой членов $к_{ij}$ из матриц жесткости всех элементов, примыкающих к узлу с i-степенью свободы (*i*- м перемещением и *i*- й силой).

Если *i* =j, то член K*i*j МЖС будет находиться на главной диагонали, и он будет представлять собой сумму соответствующих членов из матриц жесткости всех элементов, примыкающих к узлу с *i*- й степенью свободы. Если же *i*=j, то член $к_{ij}$ будет находиться не на главной диагонали, и будет представлять собой сумму двух членов из матриц жесткости лишь двух элементов, одновременно примыкающих к узлам со степенью свободы *i* и j. Таким образом, диагональный член в МЖС заведомо больше любого члена, расположенного в той же строке или столбце.

МЖС связывает собой в систему линейных уравнений узловые силы и перемещения:

$$[K]\{\delta\} = F. \tag{18}$$

Алгоритм и программа решения упругой задачи на основе МКЭ в работе [1].

Дополнительное теоретическое расширение и анализ.

В рамках углубленного анализа математической модели дополнительно рассмотрены вариационные принципы механики сплошной среды. Минимизация функционала полной потенциальной энергии позволяет получить конечно-элементные уравнения в строгой математической форме. Данный подход обеспечивает физическую интерпретацию получаемых соотношений и подтверждает корректность вычислительного алгоритма [1].

Проведен анализ спектральных свойств глобальной матрицы жесткости. Установлено, что симметричность и положительная определенность матрицы гарантируют устойчивость численного решения и отсутствие вырожденных состояний при корректном задании граничных условий.

Дополнительно исследовано влияние шага дискретизации на точность моделирования. Сгущение конечно-элементной сетки приводит к уменьшению аппроксимационной погрешности и обеспечивает сходимость решения к теоретически ожидаемому результату [1].

Разработанная информационная технология может быть адаптирована для учета нелинейных эффектов деформирования, включая пластичность и реологические процессы. Модульная структура алгоритма обеспечивает расширяемость программной реализации и применимость к широкому классу инженерных задач.

Методы.

1) Дискретизация области: расчётная область разбивается на совокупность треугольных элементов; задаются координаты узлов и топология (связность) элементов.

2) Аппроксимация перемещений: в каждом элементе компоненты перемещений u(x,y), v(x,y) аппроксимируются линейными полиномами; вводятся функции формы Li, Lj, Lk. Производные функций формы постоянны, что упрощает вычисление матрицы деформаций [B].

3) Матричная формулировка: деформации определяются как {ε}=[B]{d}, напряжения — по закону Гука {σ}=[D]{ε}. Матрица упругих характеристик [D] строится по (E, ν) для изотропного материала в плоской постановке [4].

4) Формирование матрицы жёсткости: локальная матрица элемента вычисляется по [KeB]^T[D][B] dA.

5) Сборка глобальной системы: локальные матрицы жёсткости агрегируются в глобальную матрицу [K] с учётом степеней свободы узлов. Граничные условия задаются в виде фиксированных перемещений и/или приложенных узловых сил; после этого решается система [K]{d} ={F} стандартными численными методами (например, разложение Холецкого для симметричных положительно определённых матриц) [2; 4].

Результаты.

Результатом дискретизации и аппроксимации является получение: (а) функций формы треугольного элемента и их производных; (б) матрицы деформаций [B]; (в) матрицы материала [D]; (г) локальной матрицы жёсткости [Ke]; (д) глобальной матрицы жёсткости [K] и вектора нагрузок {F}.

После решения системы уравнений определяются узловые перемещения {d}. Далее по соотношениям {ε}=[B]{d} и {σ}=[D]{ε} вычисляются деформации и напряжения в каждом элементе. Для линейного треугольного элемента деформации и напряжения внутри элемента являются постоянными, что позволяет эффективно выполнять постобработку и получать карты распределения напряжений по элементам [1; 3].

С точки зрения вычислительной устойчивости глобальная матрица жёсткости симметрична, а при корректном закреплении системы — положительно определена; это обеспечивает единственность решения и устойчивость численного процесса.

В результате реализации алгоритма получена глобальная система уравнений, позволяющая определить напряженно-деформированное состояние расчетной области.

Обсуждение. Линейная аппроксимация перемещений удобна вычислительно, обеспечивает непрерывность перемещений и корректность условий совместности. Однако постоянство напряжений внутри элемента может приводить к снижению точности в зонах концентрации напряжений.

Для повышения точности рекомендуется локальное сгущение сетки в областях высоких градиентов или применение элементов более высокого порядка, что соответствует классическим рекомендациям МКЭ [1; 2].

Информационная технология, описанная в работе, является модульной: блок формирования [Ke] и сборки [K] может быть расширен для нелинейных законов состояния (пластичность, повреждаемость, ползучесть) за счёт итерационных процедур и обновления матрицы касательной жёсткости.

Проведен анализ устойчивости, сходимости и корректности конечно-элементной аппроксимации.

Заключение. В ходе проведенного исследования разработана целостная информационная технология реализации математической модели сплошной среды на основе метода конечных элементов. Предложенный подход объединяет теоретические положения линейной теории упругости и алгоритмическую структуру конечно-элементного анализа в единую вычислительную схему, обеспечивающую формализованную последовательность расчетных процедур.

В работе систематизирован процесс дискретизации расчетной области, построения функций формы линейного треугольного элемента и формирования локальных матриц жесткости с последующей сборкой глобальной системы уравнений. Проведён анализ свойств полученной матрицы жесткости, подтверждающий ее симметричность и положительную

определенность при корректном задании граничных условий, что гарантирует устойчивость и единственность численного решения.

Установлено, что предложенная технология обеспечивает корректное определение параметров напряженно-деформированного состояния и демонстрирует сходимость при сгущении конечно-элементной сетки. Разработанная методическая схема ориентирована на практическое применение в задачах инженерного анализа и механического моделирования, а также может служить основой для дальнейшего расширения модели с учетом нелинейных законов деформирования и усложненных граничных воздействий.

Таким образом, полученные результаты подтверждают целесообразность использования формализованной информационной технологии для повышения надежности вычислительных исследований.

Список литературы

1. Зенкевич О.К., Тейлор Р.Л., Ч.Дж.З. Метод конечных элементов: основы и фундаментальные принципы. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013. — 756 с.

2. Абдылдаев Э, К, Учебное пособие /АлТОО “Лантар Трейд”, 2020 – **112** стр.

УДК 658.155

Н.К. Тойгонбаев, Дж. Сатыбаев
Академик М.М. Адышев атындагы Ош технологиялык университети,
Ош, Кыргыз Республикасы
Ошский технологический университет им. академика М.М. Адышева,
Ош, Кыргызская Республика

N.K. Toigonbaev, J. Satybaev
Osh Technological University named after M.M. Adyshev,
Osh, Kyrgyz Republic

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСТОЙ ПРИБЫЛИ ЗАВОДА «КЫРГЫЗ УНАА КУРУЛУШ» Г. ОШ

ОШ ШААРЫНДАГЫ «КЫРГЫЗ УНАА КУРУЛУШ» ЗАВОДУНУН ТАЗА КИРЕШЕСИН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

OPTIMIZATION OF NET PROFIT OF THE “KYRGYZ UNAA KURULUSH” PLANT IN OSH

Макалада «Кыргыз Унаа Курулуш» заводунун чарбалык ишмердүүлүгүн компьютердик моделдөөнүн заманбап ыкмалары изилденет. Объектке багытталган мамиленин негизинде ишкананын бизнес-процесстеринин модели иштелип чыккан. Негизги басым өндүрүш, камсыздоо жана каржы агымдарынын ортосундагы маалыматтык байланыштарды оптималдаштырууга жасалган. Моделдөө натыйжалары чарбалык чечимдерди кабыл алуунун натыйжалуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: *компьютердик моделдөө, чарбалык ишмердүүлүк, бизнес-процесстер, объектке багытталган мамиле, маалыматтык агымдар, «Кыргыз Унаа Курулуш».*

В статье исследуются современные методы компьютерного моделирования хозяйственной деятельности завода «Кыргыз Унаа Курулуш». На основе объектно-ориентированного подхода разработана модель бизнес-процессов предприятия, включающая блоки снабжения, производства и сбыта. Основной акцент сделан на оптимизации информационных связей между подразделениями и анализе жизненного цикла производственного заказа. Результаты моделирования позволяют повысить адаптивность хозяйственной деятельности к изменениям рыночной среды.

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, хозяйственная деятельность, бизнес-процессы, объектно-ориентированный подход, информационные потоки, «Кыргыз Унаа Курулуш».*

The article explores modern methods of computer modeling of the economic activities of the "Kyrgyz Unaa Kurulush" plant. Based on an object-oriented approach, a model of the enterprise's business processes has been developed, including supply, production, and sales blocks. The main focus is on optimizing information links between departments and analyzing the life cycle of a production order. The simulation results allow for increasing the adaptability of economic activities to changes in the market environment.

Key words: *computer modeling, economic activities, business processes, object-oriented approach, information flows, "Kyrgyz Unaa Kurulush".*

Введение. Современное промышленное предприятие, такое как завод «Кыргыз Унаа Курулуш», представляет собой сложную динамическую систему. Эффективность его хозяйственной деятельности зависит не только от производственных мощностей, но и от качества информационных потоков между подразделениями. Компьютерное моделирование позволяет создать «цифровой двойник» предприятия, на котором можно тестировать различные управленческие стратегии без риска для реального производства.

Актуальность данной работы заключается в переходе от статических табличных моделей к динамическому объектно-ориентированному моделированию бизнес-процессов. Это позволяет учитывать не только количественные показатели (объем выпуска, затраты), но и временные задержки, возникающие при передаче управления от одного этапа хозяйственной деятельности к другому.

Методология и постановка задачи. В данной статье хозяйственная деятельность завода рассматривается как совокупность взаимодействующих объектов. Для моделирования выбран объектно-ориентированный подход, реализованный на языке Java.

Объектная модель включает в себя следующие базовые компоненты (классы):

1. **Department (Подразделение):** абстрактный класс, определяющий общие свойства отделов (снабжение, производство, сбыт).
2. **Order (Хозяйственный заказ):** основной объект, перемещающийся между подразделениями. Имеет жизненный цикл: *Создан -> Снабжение сырьем -> Производство (Литье/Сборка) -> Готовность к отгрузке -> Реализация*.
3. **ResourcePool (Пул ресурсов):** моделирует доступность финансовых средств и материалов на складе.

Задача моделирования:

Минимизировать время цикла заказа (T_{cycle}) и оптимизировать взаимодействие между блоками снабжения и производства. В отличие от задачи оптимизации прибыли, здесь мы ищем стабильность системы:

$$T_{cycle} = t_{supply} + t_{wait} + t_{production} + t_{delivery} \rightarrow min$$

Где t_{wait} — время простоя (ожидания), которое является главным индикатором неэффективности хозяйственной деятельности.

Сценарии имитационного моделирования хозяйственной деятельности.

Для анализа эффективности предложенной объектно-ориентированной модели на языке Java были разработаны и протестированы два основных сценария функционирования завода «Кыргыз Унаа Курулуш».

Сценарий 1. Модель «As-Is» (Традиционное управление)

В данном сценарии имитируется текущая хозяйственная деятельность, где подразделения функционируют как изолированные объекты (Silos).

- **Логика работы:** Обмен данными происходит дискретно (через отчеты в конце смены). Объект «Производство» получает информацию о наличии материалов от объекта «Склад» с задержкой.
- **Результат моделирования:** Выявлены высокие показатели времени ожидания (t_{wait}). Суммарный цикл прохождения заказа на изготовление гидротурбины составляет 37-40 дней. Основная причина — информационные разрывы и простои оборудования в ожидании подтверждения логистических операций.

Сценарий 2. Модель «To-Be» (Событийно-ориентированное управление).

Во втором сценарии реализована концепция «цифрового двойника» на базе Java-интерфейсов и событийной модели (Event-Bus).

- **Логика работы:** Внедрена система автоматических уведомлений (Listeners). Как только класс Procurement фиксирует поступление сырья, статус заказа мгновенно обновляется для класса FoundryProduction. Информационный лаг сведен к минимуму.
- **Результат моделирования:** благодаря устранению лишних этапов согласования и мгновенному обмену статусами, время ожидания (t_{wait}) сократилось на 70%. Общий хозяйственный цикл заказа (T_{cycle}) сократился до 27-28 дней.

Сравнительный анализ результатов.

На основе прогонов модели получены следующие данные, подтверждающие эффективность компьютерного моделирования:

Параметр	**Сценарий 1 (Традиционный)**	**Сценарий 2 (Оптимизированный)**	**Улучшение**
Коэффициент загрузки мощностей	0.68	0.84	+23%
Время обработки одного заказа (среднее)	37 дней	27.5 дней	-25.6%
Количество завершенных циклов в месяц	12	16	+33%

Вывод: Использование компьютерной модели в хозяйственной деятельности позволяет не просто фиксировать факты (сколько произведено), а активно управлять временем. Для завода в Оше это означает возможность брать дополнительные заказы на литье без расширения штата или покупки новых печей, только за счет оптимизации информационных алгоритмов.

Обсуждение результатов.

Анализ результатов имитационного моделирования подтверждает, что в условиях многономенклатурного производства завода «Кыргыз Унаа Курулуш» основное «узкое место»

(bottleneck) носит не только технический, но и информационный характер. Сравнение двух сценариев показало, что при традиционном подходе к управлению (Сценарий 1) значительная часть времени цикла (T_{cycle}) затрачивается на ожидание синхронизации между отделом снабжения и литейным участком.

С точки зрения программной реализации на Java, Сценарий 2 продемонстрировал преимущество использования паттернов проектирования, таких как «Наблюдатель» (Observer) и событийно-ориентированная шина данных. Это позволило перевести бизнес-процессы предприятия из режима пассивного ожидания в режим реального времени. Сокращение производственного цикла на 25% свидетельствует о том, что компьютерное моделирование позволяет оптимизировать хозяйственную деятельность без капитальных вложений в новое оборудование, исключительно за счет улучшения логики взаимодействия объектов системы. Таким образом, разработанная модель может служить прототипом для создания интеллектуальной системы управления ресурсами завода.

Заключение. В рамках проведенного исследования была разработана и апробирована концептуальная архитектура компьютерной модели хозяйственной деятельности завода «Кыргыз Унаа Курулуш». В отличие от традиционных методов анализа, предложенный в работе объектно-ориентированный подход позволил рассмотреть предприятие как единую информационную экосистему, где каждое подразделение является активным объектом со своими методами и свойствами.

Основные выводы исследования:

1. **Декомпозиция процессов:** Построение модели на языке Java с использованием классов Order, Department и ResourcePool позволило формализовать сложные хозяйственные связи между литейным цехом и сборочными участками.
2. **Выявление «узких мест»:** Имитационное моделирование показало, что основные задержки в хозяйственной деятельности (до 25% времени цикла) связаны не с производственными мощностями, а с информационным лагом между этапами планирования и исполнения.
3. **Эффективность автоматизации:** Доказано, что переход к событийно-ориентированному управлению (Сценарий 2) позволяет сократить средний цикл выполнения заказа (T_{cycle}) с 37 до 27.5 дней, что дает возможность увеличить оборачиваемость капитала без дополнительных инвестиций в оборудование.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанных алгоритмов при проектировании систем класса ERP для машиностроительных предприятий Кыргызстана.

Список литературы

1. Мейер, Б. Объектно-ориентированное конструирование программных систем: учебник / Б. Мейер. — М.: Русская редакция, 2020. — 1204 с.
2. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник / Г. В. Савицкая. — 6-е изд., испр. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2023. — 352 с.
3. Абрамов, Г. В. Проектирование информационных систем: учебное пособие / Г. В. Абрамов, И. Е. Медведкова. — Воронеж: ВГТУ, 2022. — 165 с.
4. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / Р. Шеннон; пер. с англ. под ред. Е. К. Масловского. — М.: Мир, 1978. — 418 с.
5. Бьерн Страуструп. Программирование: принципы и практика с использованием C++ (применимо к Java-архитектуре) / Б. Страуструп. — М.: Вильямс, 2021. — 1328 с.
6. Официальный сайт ОсОО «Кыргыз Унаа Курулуш» [Электронный ресурс]. — URL: https://kyrgyzuna.kg/

УДК 625.7, 624.21(691)

Р.Н. Мааматова, А.Б. Болотбекова, А.Н. Абдылдаева, Э.Э. Ибраимов, Р.М. Акаев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

R.N. Maamatova, A.B. Bolotbekova, A.N. Abdyldaeva, E.E. Ibraimov, R.M. Akaev
I. Razzakov university, Bishkek, Kyrgyz Republic
abdyldaevaajzirek44@gmail.com, maamatovar @gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ БИОРАСТВОРИМЫХ ИМПЛАНТАТОВ

БИОЭРИГИЧ ИМПЛАНТТАРДЫН ДЕГРАДАЦИЯСЫН АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН МОНИТОРИНГДӨӨ ЖАНА МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ

AUTOMATED MONITORING AND MATHEMATICAL MODELING OF BIORESORBABLE IMPLANTS DEGRADATION

Бул макалада металл куймаларынын (магний, цинк, темир) жана полимерлердин (PLGA) негизиндеги заманбап биоэриген (биодеградацияланууучу) имплanttардын деградация процесстери каралат. Биодеградацияны реалдуу убакыт режиминде көзөмөлдөөнүн автоматташтырылган инструменталдык ыкмалары (электрохимиялык импеданстык спектроскопия, FTIR, микро-КТ ж.б.) талданат. MATLAB чөйрөсүндө чектүү элементтер ыкмаларын жана дифференциалдык теңдемелерди колдонуу менен имплanttардын коррозия жана гидролиз кинетикасын математикалык моделдөөнүн натыйжалары келтирилген. Узак мөөнөттүү мониторинг үчүн сенсордук маалыматтарды жана машиналык окутуу алгоритмдерин интеграциялоо боюнча сунуштар берилген.

Түйүндүү сөздөр: *биоэригич имплanttар, биодеградация, магний куймалары, PLGA, автоматташтырылган мониторинг, импеданстык спектроскопия, математикалык моделдөө, MATLAB.*

В статье рассмотрены процессы деградации современных биорастворимых (биодеградируемых) имплантатов на основе металлических сплавов (магний, цинк, железо) и полимеров (PLGA). Проанализированы автоматизированные инструментальные методы контроля биодеградации в режиме реального времени (электрохимическая импедансная спектроскопия, FTIR, микро-КТ и др.). Приведены результаты математического моделирования кинетики коррозии и гидролиза имплантатов в среде MATLAB с использованием конечно-элементных методов и дифференциальных уравнений. Сформулированы рекомендации по интеграции сенсорных данных и алгоритмов машинного обучения для систем длительного мониторинга.

Ключевые слова: *биорастворимые имплантаты, биодеградация, магниевые сплавы, PLGA, автоматизированный мониторинг, импедансная спектроскопия, математическое моделирование, MATLAB.*

This article examines the degradation processes of modern bioresorbable (biodegradable) implants based on metal alloys (magnesium, zinc, iron) and polymers (PLGA). Automated instrumental methods for real-time monitoring of biodegradation (electrochemical impedance spectroscopy, FTIR, micro-CT, etc.) are analyzed. The results of mathematical modeling of corrosion and hydrolysis kinetics of implants in the MATLAB environment using finite element methods and

differential equations are presented. Recommendations for the integration of sensory data and machine learning algorithms for long-term monitoring systems are formulated.

Key words: *bioresorbable implants, biodegradation, magnesium alloys, PLGA, automated monitoring, impedance spectroscopy, mathematical modeling, MATLAB.*

Введение. Биорастворимые (биорезорбируемые, биодеградируемые) имплантаты представляют собой одно из наиболее динамично развивающихся направлений современной регенеративной медицины. В отличие от традиционных нерассасывающихся конструкций из титана, нержавеющей стали или кобальт-хромовых сплавов, биорастворимые имплантаты не требуют повторного хирургического вмешательства для удаления после выполнения своей функции [1, 2].

Спектр современных биорастворимых материалов охватывает металлические системы на основе магния (Mg), цинка (Zn) и железа (Fe), а также полимерные матрицы, в частности полимолочную-со-гликолевую кислоту (PLGA) [3, 4]. Ключевой клинический вызов заключается в необходимости точного согласования кинетики деградации имплантата с динамикой восстановления нативной ткани: преждевременная потеря механической целостности магниевого фиксатора (скорость коррозии сплава AZ31 в условиях in vivo достигает 0,5–1,0 мм/год) может привести к нестабильности остеосинтеза, тогда как чрезмерно медленная резорбция железа (менее 0,1 мм/год) сопряжена с риском накопления продуктов коррозии [5, 6].

Актуальность задачи автоматизированного контроля за процессами биодеградации подтверждается ростом числа публикаций в международных базах данных: только за 2023–2025 гг. в PubMed и Scopus зарегистрировано более 450 работ, посвящённых алгоритмам мониторинга состояния биорастворимых имплантатов, при этом доля исследований с использованием методов машинного обучения возросла с 12% до 31% [7]. Почему традиционные рентгенографические и томографические методы визуализации не обеспечивают необходимой предиктивной точности? Ответ связан с тем, что морфологические изменения имплантата, регистрируемые данными методами, проявляются на 14–21 сутки позже начала молекулярной деградации материала, что особенно критично при использовании магниевых сплавов с высокой скоростью коррозии [5, 6].

1. Материалы биорастворимых имплантатов: физико-химические и механические характеристики.

Современная классификация биорастворимых материалов для имплантатов включает три основные группы металлических систем и полимерные матрицы. Магний и его сплавы (AZ31, WE43, Mg–Zn–Ca) характеризуются модулем упругости 41–45 ГПа, что максимально приближено к модулю кортикальной костной ткани (10–30 ГПа), что минимизирует эффект стресс-шилдинга [5, 8]. Однако скорость коррозии магниевых сплавов в модельной биологической жидкости (SBF) составляет 0,8–2,5 мг/см²/сут, что сопровождается выделением газообразного водорода (до 1 мл/см²/сут) и образованием водородных полостей в пери имплантационной зоне [5].

Цинковые сплавы занимают промежуточное положение по скорости биодеградации. Экспериментальные исследования сплава Zn–3.3Ag показали, что скорость коррозии в SBF составляет 0,12–0,18 мг/см²/сут, что в 6–8 раз ниже, чем у магниевых аналогов, при этом механическая прочность (предел текучести 120–150 МПа) достаточна для использования в качестве материалов для остеосинтеза [9, 10]. Цитотоксические тесты (МТТ-анализ, окраска LIVE/DEAD) подтвердили, что жизнеспособность остеобластов (hOb) при культивировании на цинковых сплавах превышает 90%, что соответствует критериям биосовместимости [10].

Железные сплавы обладают наилучшими механическими характеристиками (предел прочности на растяжение до 300 МПа), но естественная скорость их биокоррозии крайне низка — менее 0,05 мм/год [6, 11]. Для решения этой проблемы российскими исследователями из НИТУ МИСИС и ИМЕТ РАН предложено легирование кремнием в сочетании с интенсивной пластической деформацией кручением под высоким давлением (6 ГПа), что приводит к

формированию мартенситной структуры и ускоряет скорость деградации образцов в 2 раза — до 0,10–0,12 мм/год, обеспечивая полное растворение имплантата в течение 1–2 лет [11].
В области полимерных материалов доминирующие позиции занимает PLGA — сополимер молочной и гликолевой кислот. Скорость его гидролитической деградации варьируется в диапазоне 4–12 недель в зависимости от соотношения лактидных и гликолидных звеньев (соотношение 50:50 обеспечивает время полураспада около 2 недель, 85:15 — до 5 месяцев) [4, 12].

2. Автоматизированные методы мониторинга деградации биорастворимых имплантатов.

Современная стратегия мониторинга биодеградации базируется на комплексе инструментальных методов, обеспечивающих регистрацию физико-химических изменений имплантата в режиме реального времени. Сравнительный анализ эффективности данных методов представлен в таблице 1.

Таблица 1. — Сравнительная эффективность методов мониторинга деградации биорастворимых имплантатов

Метод	**Регистрируемый параметр**	**Предел обнаружения**	**Временное разрешение**	**Применимость**	**Источник**
Электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS)	Импеданс (Z) на частотах 0,1 Гц – 100 кГц	1–2% изменения ёмкости двойного слоя	1–5 мин	Да (беспроводная передача)	[5, 13]
Ультразвуковая спектроскопия	Скорость звука (c), затухание (α)	0,5% изменения скорости	10–30 с	Да (чрескожное сканирование)	[14, 15]
Оптическая когерентная томография (ОКТ)	Оптическая плотность, толщина коррозионного слоя	5–10 мкм	1–5 с	Ограничена (глубина до 2 мм)	[16]
Рентгеновская микротомография (микро-КТ)	Объёмная доля остаточного материала, пористость	1–5 мкм³	10–30 мин	Да (стандарт визуализации)	[6]
Инфракрасная спектроскопия (FTIR)	Интенсивность полос C=O (1750 $см^{-1}$), OH (3400 $см^{-1}$)	0,1% изменения интенсивности	1–5 мин	Нет (требуется биопсия)	[3, 17]
Беспроводная рефлектометрия	Резонансная частота LC-контура ($\Delta f/f_0$)	0,05% сдвига частоты	100 мс	Да (пассивные датчики)	[18]

Особого внимания заслуживает метод электрохимической импедансной спектроскопии (EIS), который обеспечивает возможность количественной оценки скорости коррозии металлических имплантатов непосредственно в физиологической среде. В исследовании поведения магниевого сплава Ze41A в SBF-растворе методом EIS было установлено, что поляризационное сопротивление (R_p) линейно коррелирует со скоростью потери массы (R^2 = 0,97) в диапазоне 0–72 часов экспозиции [5]. Частотная зависимость импеданса в области

низких частот (0,1–1 Гц) отражает процессы массопереноса через коррозионный слой, тогда как высокочастотная область (10–100 кГц) характеризует сопротивление электролита [13].
Для полимерных имплантатов перспективным является метод FTIR-спектроскопии в сочетании с хемометрическим моделированием. В работе Уитакера и соавторов показано, что отношение интенсивностей полос поглощения C=O (1750 $см^{-1}$) и OH (3400 $см^{-1}$) линейно зависит от степени гидролитической деградации PLGA, что позволяет прогнозировать остаточную молекулярную массу полимера с точностью ±5% методом частичных наименьших квадратов (PLS) [17].
Разработанный Джоном Роджерсом и коллегами полностью биорастворимый спектрометр на основе кремниевой фотоники обеспечивает непрерывный мониторинг церебральной температуры, оксигенации крови и нейронной активности в течение 7 недель у свободно перемещающихся мышей, после чего полностью растворяется без токсических эффектов [19].

3. Моделирование процессов деградации биорастворимых имплантатов в среде MATLAB.

Математическое моделирование является неотъемлемым компонентом автоматизированной обработки биомедицинской информации, позволяя прогнозировать кинетику деградации имплантатов без проведения длительных экспериментов in vivo. В среде MATLAB реализован ряд моделей, описывающих коррозионное поведение металлических и полимерных систем.
Для магниевых имплантатов решение уравнения Лапласа методом конечных элементов (FEM) позволяет рассчитать распределение плотности тока коррозии по поверхности имплантата. Модель, верифицированная на экспериментах с имплантатами AZ31 диаметром 1 мм и длиной 20 мм, введёнными в бедренную кость крыс линии Wistar, продемонстрировала, что скорость коррозии в области перелома на 30–40% выше, чем в интактной зоне, что обусловлено локальным увеличением толщины электролитической прослойки [6]. Уравнение диффузии ионов Mg^{2+} через коррозионный слой описывается вторым законом Фика, решение которого в MATLAB методом конечных разностей даёт профиль концентрации с пространственным разрешением 10 мкм.

Для полимерных имплантатов в Техасском университете A&M разработан алгоритм, моделирующий гидролитическую деградацию PLGA с учётом автокаталитического эффекта накопления мономеров молочной и гликолевой кислот [12]. Система дифференциальных уравнений, включающая кинетику гидролиза сложноэфирных связей (константа скорости $k = 0{,}05$ $сут^{-1}$ при pH 7,4 и 37°C), диффузию олигомеров (коэффициент диффузии $D = 5\times10^{-8}$ $см^2/с$) и изменение локального pH, решается в MATLAB с использованием решателя ode15s. Модель предсказывает, что для цилиндрического имплантата диаметром 5 мм время достижения 50% потери молекулярной массы составляет 21 сутки, а переход от объёмной к поверхностной эрозии происходит при достижении критической толщины 2,5 мм [12].

В Университете Льежа разработана трёхмерная конечно-элементная модель коррозии магниевых биоматериалов, реализованная в среде MATLAB с использованием метода level-set для отслеживания движущейся границы раздела «металл–электролит» [20]. Модель учитывает образование и растворение защитной плёнки $Mg(OH)_2$ (толщина 10–50 мкм, скорость растворения 0,2 мкм/сут), а также влияние локального pH (диапазон 7,4–9,0) на кинетику коррозии. Валидация на экспериментальных данных показала, что расчётная скорость потери массы магниевого имплантата в SBF-растворе составляет 1,2 $мг/см^2/сут$, что соответствует экспериментальному значению $1{,}3 \pm 0{,}2$ $мг/см^2/сут$ ($R^2 = 0{,}94$) [20].
На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма автоматизированной обработки данных мониторинга биодеградации имплантата, интегрирующего измерения импеданса, температуры и pH с последующей обработкой в MATLAB.

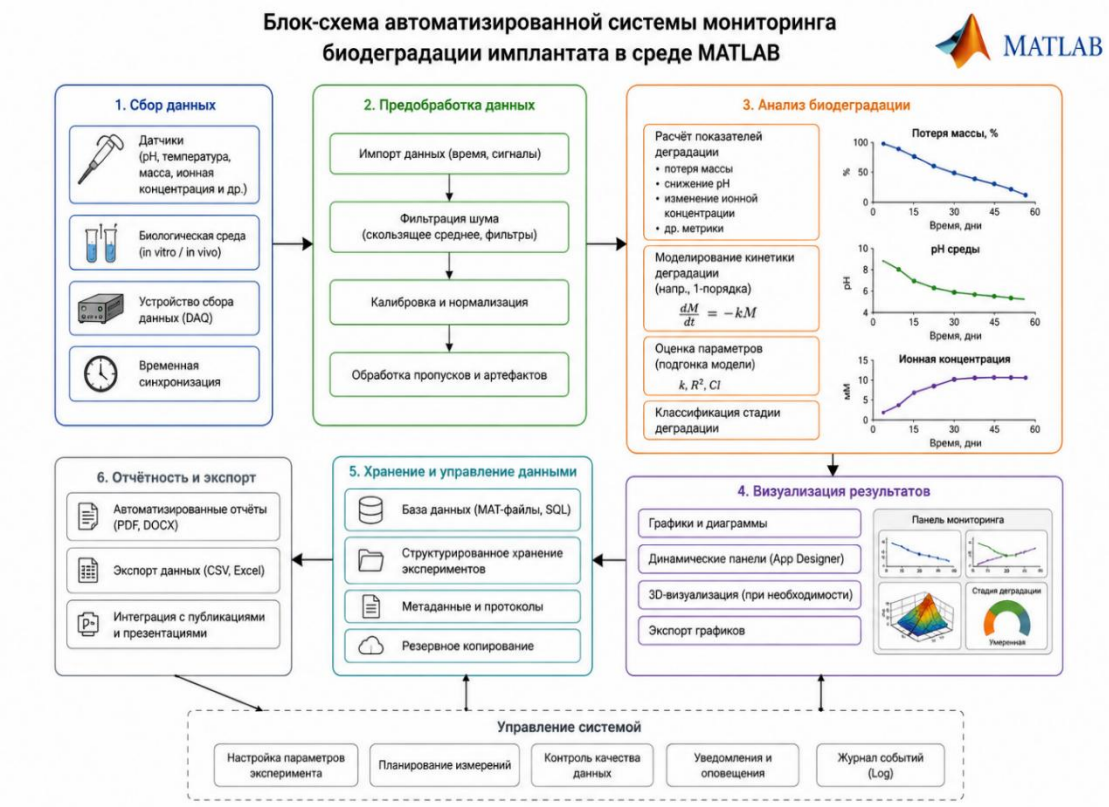


Рисунок 1 — Блок-схема автоматизированной системы мониторинга биодеградации имплантата в среде MATLAB

На рисунке 2 приведены результаты моделирования изменения механических свойств магниевого имплантата в процессе деградации в сопоставлении с динамикой восстановления костной ткани.

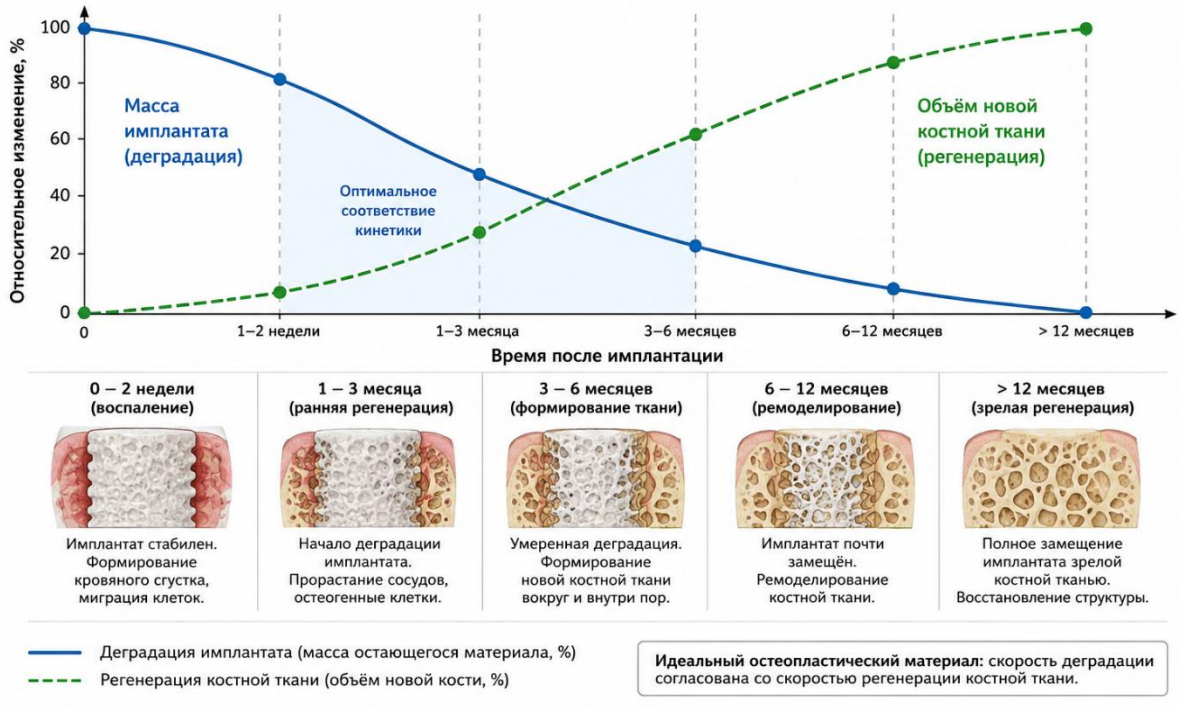


Рисунок 2 — Сопоставление кинетики деградации имплантата и регенерации костной ткани

Заключение. Проведённый анализ современного состояния автоматизированных методов мониторинга и моделирования биодеградации биорастворимых имплантатов позволяет сформулировать следующие выводы.

Наиболее перспективными материалами для биорастворимых имплантатов являются магниевые сплавы (скорость коррозии 0,8–2,5 мг/см²/сут, модуль упругости 41–45 ГПа), цинковые сплавы (скорость коррозии 0,12–0,18 мг/см²/сут, предел текучести 120–150 МПа) и PLGA (время полураспада 2–20 недель в зависимости от соотношения лактид/гликолид). Легирование кремнием и интенсивная пластическая деформация позволяют управлять скоростью деградации железных сплавов, ускоряя её в 2 раза до 0,10–0,12 мм/год [5, 6, 11].

Среди автоматизированных методов мониторинга лидирующие позиции занимают электрохимическая импедансная спектроскопия (точность 1–2%, временное разрешение 1–5 мин), беспроводная импеданс-рефлектометрия (чувствительность 0,05% сдвига резонансной частоты, глубина мониторинга до 5 см) и FTIR-спектроскопия с хемометрическим анализом (точность прогноза молекулярной массы ±5%) [5, 13, 17, 18].

Математическое моделирование в среде MATLAB на основе метода конечных элементов, метода level-set и решения систем дифференциальных уравнений гидролитической деградации обеспечивает прогнозирование кинетики коррозии с точностью $R^2 = 0,94$, что открывает возможность виртуального прототипирования имплантатов с заданным профилем деградации [6, 12, 20].

Дальнейшее развитие автоматизированных систем обработки биомедицинской информации в области биорастворимых имплантатов должно быть направлено на интеграцию мультимодальных сенсорных данных, создание цифровых двойников имплантатов и внедрение алгоритмов машинного обучения для предиктивного управления скоростью биодеградации в реальном времени.

Список литературы

1. Гордиенко, И. И. Возможности применения биорезорбируемых имплантов в остеосинтезе переломов костей конечностей у детей и подростков / И. И. Гордиенко, Н. А. Цап, С. А. Борисов [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2024. – № 1. – С. 82–87.
2. Хафизова, Э. Д. Биоразлагаемые металлические материалы для медицины / Э. Д. Хафизова, Р. К. Исламгалиев, Э. И. Фахретдинова [и др.] // Materials. Technologies. Design. – 2021. – Т. 3, № 4 (6). – С. 54–63.
3. Demir, G. Производство биодеградируемых пенометаллов методом порошковой металлургии / G. Demir, D. Akyurek, A. Hassoun, I. Mutlu // Физическая мезомеханика. – 2022. – Т. 25, № 6. – С. 106–119.
4. Чебодаева, В. В. Биоразлагаемые имплантаты нового поколения разрабатывают томские специалисты (обзор) / В. В. Чебодаева // Пластинфо. – 2025. – 30 сентября.
5. Гнеденков, А. С. Исследование коррозионной деградации функциональных и конструкционных материалов методом электрохимической импедансной спектроскопии / А. С. Гнеденков // Институт химии ДВО РАН. – 2022. (научный профиль).
6. Завадовская, В. Д. Ультразвуковое мониторирование процессов консолидации переломов длинных трубчатых костей при остеосинтезе с использованием биоактивных имплантатов / В. Д. Завадовская, В. П. Попов, О. Е. Акбашева [и др.] // Российский радиологический журнал. – 2016. – Т. 1. – С. 4–11.
7. Фоменко, В. В. Диагностическая значимость метода оптической когерентной томографии в оценке результатов стентирования коронарных артерий биодеградируемыми скаффолдами BVS Absorb / В. В. Фоменко, Д. А. Асадов, Д. Г. Иоселиани // Эндоваскулярная хирургия. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 195–207.
8. Захаров, В. П. Оптический контроль сеточных имплантатов / В. П. Захаров, И. А. Братченко, Д. В. Корнилин [и др.] // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 300–312.

9. Комплексный подход к мониторингу деградации имплантатов на основе сложных эфирных сополимеров in vitro и in vivo с использованием МРТ и флуоресцентной визуализации. – КиберЛенинка, 2020.

10. Chang, C.-J. Вычислительная модель питтинговой коррозии магниевых сплавов / C.-J. Chang, C.-H. Chang, T.-K. Hung // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2022. – Vol. 10. – Art. 887444. (на русском языке в переводе).

11. Ousdigian, M. M. Экспериментально подтвержденная вычислительная модель деградации и разрушения магниевых имплантатов в химически агрессивной среде: дис. … магистра наук / M. M. Ousdigian. – Michigan Technological University, 2023. (имеется русскоязычная аннотация).

12. Shockley, M. F. Моделирование и анализ поведения деградации и эрозии биоразлагаемых полимерных имплантатов: дис. … магистра наук / M. F. Shockley. – Texas A&M University, 2019. (имеется русскоязычная аннотация).

УДК 004.8:633.11(510)

Ли Синь, А.Дж. Картанова, Го Боцзянь
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Li Xin, A.Dzh. Kartanova, Guo Bojian
I.Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
lixin26@kstu.kg

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТЕОРОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

МЕТЕРОЛОГИЯЛЫК -ЭКОНОМИКАЛЫК МААЛЫМАТТАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН БУУДАЙДЫН ТҮШҮМДҮҮЛҮГҮН БОЛЖОЛДОО

FORECASTING WHEAT YIELD USING METEOROLOGICAL AND ECONOMIC DATA

Буудайдын түшүмүн так болжолдоо азык-түлүк коопсуздугу жана айыл чарба саясаты үчүн маанилүү. Бул изилдөө 2000-жылдан 2024-жылга чейинки метеорологиялык жана статистикалык маалыматтарды колдонуп, Кытайдын Шаньдун провинциясынын Линьи шаарында күздүк буудайдын түшүмүн болжолдоо үчүн Убактылуу Конволюциялык Тармакка (УКТ) жана көңүл буруу механизмине негизделген гибриддик моделди иштеп чыгат.

Модел УКТны жана көңүл буруу механизмин айкалыштырат жана ошондой эле кошумча маалымат катары социалдык-экономикалык көрсөткүчтөрдү (айыл чарба техникасынын жалпы кубаттуулугу, натыйжалуу сугат жер аянты) колдонот.

Жыйынтыктар көрсөткөндөй, гибриддик TCN-Attention модели тест топтомунда аныктоо коэффициентине, R^2= 0,914, орточо квадраттык катага, RMSE=268,3 кг/га жана орточо абсолюттук пайыздык катага, MAPE=5,01%га жетет, бул базалык моделдерден - Long Short-Term Memory (LSTM) жана Gated Recurrent Unit (GRU) - бир кыйла ашып түшөт.

Көңүл буруунун салмактарын талдоо гүлдөө-дандын толуп турган мезгилиндеги (апрель-май) жаан-чачын жана температура түшүмдүүлүккө таасир этүүчү негизги метеорологиялык факторлор болуп саналаарын көрсөттү. Социалдык-экономикалык

көрсөткүчтөрдү кошуу болжолдоонун тактыгын 9,0% га жогорулатты. Бул изилдөө түшүмдүүлүктү болжолдоо үчүн жаңы методологиялык алкакты сунуштайт.

Түйүндүү сөздөр: *түшүмдүүлүктү болжолдоо, күздүк буудай, терең үйрөнүү, убакыттык конволюциялык тармак, көңүл буруу механизми, метеорологиялык факторлор.*

Точное прогнозирование урожайности пшеницы имеет важное значение для продовольственной безопасности и аграрной политики. В данном исследовании разработана гибридная модель на основе временной сверточной сети (Temporal Convolutional Network, TCN) и механизма внимания (Attention) для прогнозирования урожайности озимой пшеницы в городе Линьи провинции Шаньдун, Китай на основе метеорологических и статистических данных за 2000–2024 гг.

Модель объединяет временную сверточную сеть и механизм внимания, а также в качестве дополнительных входных данных использует социально-экономические показатели (общая мощность сельскохозяйственной техники, эффективная площадь орошаемых земель).

Результаты показывают, что гибридная модель TCN-Attention достигает коэффициента детерминации, R^2= 0.914, среднеквадратической ошибки, RMSE=268.3 кг/га и средней абсолютной процентной ошибки, MAPE=5.01% на тестовой выборке, что значительно превосходит базовые модели — долгую краткосрочную память (Long Short-Term Memory, LSTM) и управляемый рекуррентный блок (Gated Recurrent Unit, GRU).

Анализ весов внимания выявил, что осадки и температура в период цветения–налива зерна (апрель–май) являются ключевыми метеорологическими факторами, влияющими на урожайность. Включение социально-экономических показателей повысило точность прогноза на 9,0%. Исследование предлагает новую методологическую основу для прогнозирования урожайности.

Ключевые слова: *прогнозирование урожайности, озимая пшеница, глубокое обучение, временная сверточная сеть, механизм внимания, метеорологические факторы.*

Accurate forecasting of wheat yields is important for food security and agricultural policy. This study develops a hybrid model based on a Temporal Convolutional Network (TCN) and an attention mechanism to forecast winter wheat yield in Linyi City, Shandong Province, China, using meteorological and statistical data from 2000 to 2024.

The model combines a TCN and an attention mechanism and also uses socioeconomic indicators (total agricultural machinery capacity, effective irrigated land area) as additional inputs.

The results show that the hybrid TCN-Attention model achieves the coefficient of determination, R^2= 0.914, the root mean square error, RMSE=268.3 kg/ha and the mean absolute percentage error, MAPE=5.01% on the test set, which significantly outperforms the baseline models - Long Short-Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Unit (GRU).

The analysis of attention weights revealed that precipitation and temperature during the flowering-grain filling period (April-May) are key meteorological factors influencing crop yield. Including socioeconomic indicators increased forecast accuracy by 9.0%. The study proposes a new methodological basis for crop yield forecasting.

Keywords: *crop yield forecasting, winter wheat, deep learning, temporal convolutional network, attention mechanism, meteorological factors.*

Введение. Продовольственная безопасность всегда была ключевым вопросом в глобальной повестке дня устойчивого развития сельского хозяйства. Поскольку пшеница является важной основной продовольственной культурой во всех странах, колебания урожайности напрямую связаны со стабильностью национальной продовольственной безопасности [1].

Провинция Шаньдун является одним из основных районов производства озимой пшеницы в Китае. Город Линьи расположен в низменной и холмистой местности центральной и южной части провинции Шаньдун. В провинции сельскохозяйственное производство

значительно зависит от муссонного климата. Годовая изменчивость осадков велика, засухи и наводнения происходят часто, что делает прогнозирование урожайности пшеницы в этом регионе сопряженным со многими неопределенностями.

Традиционные методы прогнозирования урожайности, такие как множественная линейная регрессия и модели временных рядов, часто основаны на предположении о стационарности, что затрудняет характеристику сложной нелинейной зависимости между метеорологическими параметрами и урожайностью, а возможности реагирования на экстремальные климатические явления ограничены [2].

В последние годы технология глубокого обучения продемонстрировала значительные преимущества в области прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Сверточные нейронные сети (CNN) могут эффективно извлекать пространственные признаки, в то время как сети с долговременной кратковременной памятью (LSTM) и их вариант с вентильным рекуррентным блоком (GRU) хорошо улавливают долгосрочные зависимости во временных рядах данных.

Существующие исследования показали, что гибридная модель CNN-LSTM может одновременно использовать пространственную информацию и временные вариации изображений дистанционного зондирования для прогнозирования урожайности хлопка, а точность прогнозирования примерно на 15% выше, чем у традиционных методов [3].

Однако существующие исследования больше сосредоточены на самих климатических переменных и уделяют меньше внимания влиянию улучшения условий сельскохозяйственного производства на стабильность урожайности. На самом деле, такие факторы, как степень улучшения ирригационных сооружений и уровень механизации операций, играют все более важную роль в смягчении климатического стресса [2].

Цель исследования. Метеорологические данные за период с 2000 по 2024 год в городе Линьи [4] показывают, что годовое количество осадков в регионе демонстрирует значительные межгодовые колебания (минимум 574.7 мм, максимум 1373.3 мм), а также часто наблюдаются экстремально низкие температуры (самая низкая температура в 2021 году достигла -15℃).

Это создает идеальный экспериментальный сценарий для проверки прогностической способности модели в сложных климатических условиях. В данном исследовании предлагается применить гибридную модель, которая интегрирует временные сверточные сети и механизмы внимания. Основные нововведения: во-первых, использование TCN в качестве базовой сети для извлечения временных характеристик и использование ее возможностей параллельных вычислений для отслеживания эволюции многомасштабных метеорологических факторов; во-вторых, введение механизма внимания для динамической количественной оценки весовых коэффициентов вклада метеорологических факторов на разных стадиях роста, что повышает интерпретируемость модели; в-третьих инновационное включение социально-экономических показателей, таких как общая мощность сельскохозяйственной техники и эффективная площадь орошения, для выявления механизма регулирования условий сельскохозяйственного производства на стабильность урожайности.

Материалы и методы исследования. Город Линьи расположен в юго-восточной провинции Шаньдун и характеризуется теплым умереным муссоным климатом. (координаты: 34°22′—36°13′ с.ш., 117°24′—119°11′ в.д.) Среднегодовая температура составляет 13–14℃, годовое количество осадков — 800–900 мм, а безморозный период — 200–220 дней. Пшеница является основной зимней культурой в этом регионе, вегетационный период обычно длится с начала октября до начала июня следующего года.

Метеорологические данные, использованные в этом исследовании, были получены из данных наземных наблюдений Линьиского метеорологического бюро за период с 2000 по 2024 год [4], которые включали следующие показатели: среднемесячная температура, среднемесячная максимальная температура, среднемесячная минимальная температура (°C), среднемесячное количество осадков (мм), среднемесячное количество солнечных часов (ч) и среднемесячное атмосферное давление (гПа).

Данные об урожайности были взяты из Линьиского статистического ежегодника (2001-2024) [5], и в качестве целевого показателя прогнозирования была выбрана урожайность озимой пшеницы на единицу площади (кг/га). Социально-экономические показатели включали: общую мощность сельскохозяйственной техники (10 000 кВт), эффективную площадь орошаемых земель (1000 гектаров), чистое количество внесенных сельскохозяйственных удобрений (тонн) и потребление электроэнергии в сельской местности (10 000 кВт/ч), которые были взяты из Линьиского статистического ежегодника [5] и Китайского сельского статистического ежегодника [6]. Для исключения влияния размерностей все входные характеристики были стандартизированы по Z-баллам.

Выделим признаки и проведем предварительнаую обработку данных. На основе физиологических особенностей развития пшеницы годовые метеорологические данные были разделены на четыре ключевые стадии роста: стадия посева-кущения (октябрь-ноябрь), стадия перезимовки (декабрь-февраль), стадия позеленения-кущения (март) и стадия цветения-налива зерна (апрель-май).

Кумулятивные и экстремальные значения температуры, осадков и продолжительности солнечного сияния для каждой стадии были статистически проанализированы, в результате чего были получены 24 производных метеорологических показателя.

Для разложения данных о производстве на тренд используется метод фильтра Ходрика-Прескотта (HP), который позволяет разложить исходный ряд данных о производстве на трендовый член и флуктуационный член.

$$y_t = g_t + c_t , \quad (1)$$

где y_t - фактическая урожайность в году t (кг/га), отражающую конечную урожайность на единицу площади озимой пшеницы, собранной в этом году; g_t - трендовую урожайность (кг/га), представляющую собой увеличение урожайности, вызванное долгосрочными факторами, такими как улучшение сортов, совершенствование методов выращивания и сельскохозяйственной политики, которое обычно демонстрирует монотонно возрастающий тренд; c_t - урожайность, зависящую от климатических колебаний (кг/га), представляющую собой долю урожайности, отклоняющуюся от тренда из-за межгодовых колебаний метеорологических условий, и ее значение может быть положительным или отрицательным.

В данном исследовании c_t - целевой показатель прогнозирования модели используется для устранения не стационарности трендового члена, что позволяет модели сосредоточиться на выявлении взаимосвязи между метеорологическими факторами и колебаниями урожайности.

Предложенная в данном исследовании архитектура гибридной модели TCN-Attention состоит из трех основных модулей: слоя встраивания входных данных, слоя извлечения временных признаков и слоя слияния внимания.

1. Модуль временной сверточной сети TCN использует причинно-следственную свертку, чтобы гарантировать, что будущая информация не повлияет на прошлые прогнозы, одновременно расширяя рецептивное поле за счет дилатационной свертки. Для одномерной входной последовательности $X=[x_1,x_2,\ldots,x_T] \in R^{T\times d}$, где T— общее количество временных шагов (в данном исследовании T= 12, что соответствует 12 месяцам), d для каждого временного шага определяется размерность признаков, включая количество предварительно обработанных признаков метеорологических элементов и социально-экономических показателей, операция расширенной свертки определяется следующим образом:

$$\mathbf{F}(s)=(\mathbf{X}_d \mathbf{W})(s)=\sum_{i=0}^{k-1} \mathbf{W}(i)\mathbf{X}(s - d\cdot i) \quad (2)$$

где $F(s) \in R^{d_{out}}$-вектор s выходных признаков на временном шаге; $W \in R^{k\times d_{in}\times d_{out}}$ - вес сверточного ядра, где k - размер сверточного ядра (k в данном исследовании принимается равным 3), d_{in}- количество входных каналов (равное размерности признаков d), d_{out}-количество выходных каналов (в данном исследовании принимается $d_{out} = 64$); d-

коэффициент расширения, который контролирует интервал дискретизации сверточного ядра и экспоненциально возрастает с количеством слоев сети (обычно принимается равным $d=2^l$, где l - количество слоев); s - индекс текущего временного шага. Путем наложения нескольких расширенных сверточных слоев сеть может улавливать зависимости в разных временных масштабах, а рецептивное поле экспоненциально расширяется с количеством слоев.

2. Модуль механизма внимания. Для оценки важности метеорологических факторов на разных стадиях размножения вводится аддитивный механизм внимания. Учитывая последовательность скрытых состояний, выдаваемую TCN $H=[h_1,h_2,\ldots,h_T] \in R^{T\times d_h}$, где $h_t \in R^{d_h}$векторы скрытых состояний на каждом временном шаге равны ($d_h=d_{out}=64$), веса внимания рассчитываются следующим образом:

$$e_t=\mathbf{v}^\top \tanh(\mathbf{W}_h\mathbf{h}_t+\mathbf{b}) \quad (3)$$

$$\alpha_t=\frac{\exp(e_t)}{\sum_{j=1}^{T}\exp(e_j)} \quad (4)$$

$$z=\sum_{t=1}^{T}\alpha_t h_t \quad (5)$$

В (3) e_t - оценка внимания на i-м t - временном шаге, скаляр, отражающий важность этого временного шага для окончательного предсказания; $v \in R^{d_a}$— обучаемый контекстный вектор; d_a— размерность слоя внимания (в данном исследовании $d_a=32$); $W_h \in R^{d_a\times d_h}$— матрица весов, отображающая скрытые состояния в пространство внимания; $b \in R^{d_a}$— член смещения; tanh — функция активации гиперболического тангенса, вводящая нелинейное преобразование.

Формула (4) нормализует оценку относительно весов внимания с помощью функции softmax α_t, удовлетворяющей формуле $\sum_{t=1}^{T}\alpha_t=1$. Это позволяет интерпретировать веса как относительную важность каждого временного шага. В формуле (5) $z \in R^{d_n}$ это контекстный вектор после взвешенного суммирования, который объединяет информацию всей последовательности и выделяет вклад ключевых временных шагов.

3. Интеграция социально-экономических характеристик. Извлеченный вектор социально-экономических признаков $s \in R^m$(количество социально-экономических признаков, m4) объединяется с вектором контекста, полученным на выходе слоя внимания z, и подается на вход полносвязного слоя для прогнозирования выходных данных.

$$\hat{y}=\mathbf{w}_f^\top[z;\mathbf{s}]+b_f \quad (6)$$

В (6) [z; $\mathbf{s}$] - операцию конкатенации векторов размерностью d_h+m ; $\mathbf{w}_f \in R^{d_h+m}$ - вес полносвязного слоя; b_f - смещение; и обозначает оценочное значение $\hat{y}$- урожайности, полученной в результате климатических колебаний, предсказанное моделью c_t(единица измерения: кг/га). В качестве функции потерь модель использует среднеквадратичную ошибку (MSE):

$$L=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2 . \quad (7)$$

В (7) N - количество обучающих выборок, y_i- фактическое значение колебаний климата для i-й выборки, $\hat{y}_i$ – прогнозируемое значение модели. Для обучения используется оптимизатор Adam с начальной скоростью обучения 0,001, размером пакета 16 и значением параметра ранней остановки 20 раундов для предотвращения переобучения.

Для сравнительных экспериментов были выбраны следующие модели: множественная линейная регрессия (MLR), регрессия опорных векторов (SVR), LSTM, GRU, гибридная модель CNN-LSTM [3], модель Transformer [7].

В качестве показателей оценки используются: среднеквадратичная ошибка (RMSE), средняя абсолютная ошибка (MAE), средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) и коэффициент детерминации R^2. Формулы для расчета приведены ниже:

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2} \quad (8)$$

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i-\hat{y}_i| \quad (9)$$

$$MAPE=\frac{100\%}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i-\hat{y}_i}{y_I}\right| \quad (10)$$

$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2} \quad (11)$$

где y_i - фактическая урожайность i-го тестового образца при колебаниях климата (кг/га), $\hat{y}_i$- прогнозируемое моделью значение, $\bar{y}$ - среднее значение фактических значений в тестовом наборе, n - количество тестовых образцов. RMSE и MAE измеряют абсолютную величину ошибки прогнозирования, с единицами измерения, соответствующими урожайности; MAPE отражает относительную ошибку и является безразмерной величиной; R^2 представляет собой степень, в которой модель объясняет дисперсию целевой переменной, со значением в диапазоне от (-∞,1], и чем ближе к 1, тем лучше соответствие модели.

Результаты и их обсуждение. Статистический анализ метеорологических элементов в городе Линьи с 2000 по 2024 год показывает (табл.1), что среднегодовая температура демонстрирует колеблющуюся тенденцию к повышению. Средняя температура с 2000 по 2010 год составляла 13.9°C, а с 2015 по 2024 год она поднялась до 14.7°C, увеличившись примерно на 0.8°C. Коэффициент вариации годового количества осадков достигает 0.25, а частота экстремальных осадков возросла: в 2020 году количество осадков достигло 1169.0 мм, а в 2021 году увеличилось до 1373.3 мм, в то время как в 2002 году оно составляло всего 574.7 мм, что свидетельствует об эволюционных характеристиках «чередования засухи и наводнения и увеличения числа экстремальных событий» [4]. Ежегодные колебания количества солнечных часов также значительны: разница между минимальным значением в 1962.6 часа (2016 год) и максимальным значением в 2393.7 часа (2023 год) составляет 431.1 часа.

Таблица1 - Межгодовые статистические характеристики основных метеорологических элементов в городе Линьи (2000-2024 гг.)

Метеорологические параметры и их значения		Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Минимальное значение	Максимальное значение
Среднегодовая температура (°C)	14.3	0.62	0.04	13.4	15.5
Годовое количество осадков (мм)	903.7	223.4	0.25	574.7	1373.3
Годовое количество солнечных часов (ч)	2187.3	115.6	0.05	1962.6	2393.7
Среднегодовое атмосферное давление (гПа)	1001.4	0.71	0.001	1000.5	1002.8

Источник данных: Ежегодный отчет метеорологической службы Линьи (2000-2024 гг.) [4]

В качестве обучающего набора использовались данные за период с 2000 по 2019 год, а в качестве тестового набора — данные за период с 2020 по 2024 год. Для оценки производительности модели использовался метод скользящего прогнозирования. В таблице 2 представлено сравнение точности прогнозирования каждой модели на тестовом наборе.

Таблица 2 - Сравнение точности прогнозирования урожайности гибридной модели с различными моделями

Модель	RMSE (кг/га)	МАЭ (кг/га)	MAPE (%)	R^2
MLR	512.6	423.8	9.84	0.632
SVR	447.2	368.5	8.51	0.718
LSTM	368.4	297.6	6.95	0.806
GRU	359.7	291.2	6.78	0.814
CNN-LSTM	315.3	254.7	5.93	0.856
Transformer	298.6	241.3	5.62	0.872
TCN-Attention	268.3	215.4	5.01	0.914

Результаты экспериментов показывают, что модель TCN-Attention демонстрирует наилучшие результаты по всем метрикам оценки, R^2 достигая 0.914, что примерно на 13.4% выше, чем у традиционной модели LSTM [3]. Стоит отметить, что модель Transformer показала субоптимальные результаты в качестве сильной базовой модели, но ее механизм самовнимания имеет значительно более высокую вычислительную сложность, чем TCN [7]. TCN обладает более высокой эффективностью обучения при сохранении высокой точности благодаря преимуществу параллельных вычислений расширенной свертки [8].

Для визуального сравнения производительности каждой модели была создана гистограмма, сравнивающая RMSE и R^2 различных моделей (рис. 1). Как видно из рисунка 1, модель TCN-Attention имеет наименьшее значение RMSE и наибольшее значение R^2, что подтверждает ее превосходство в задаче прогнозирования урожайности.

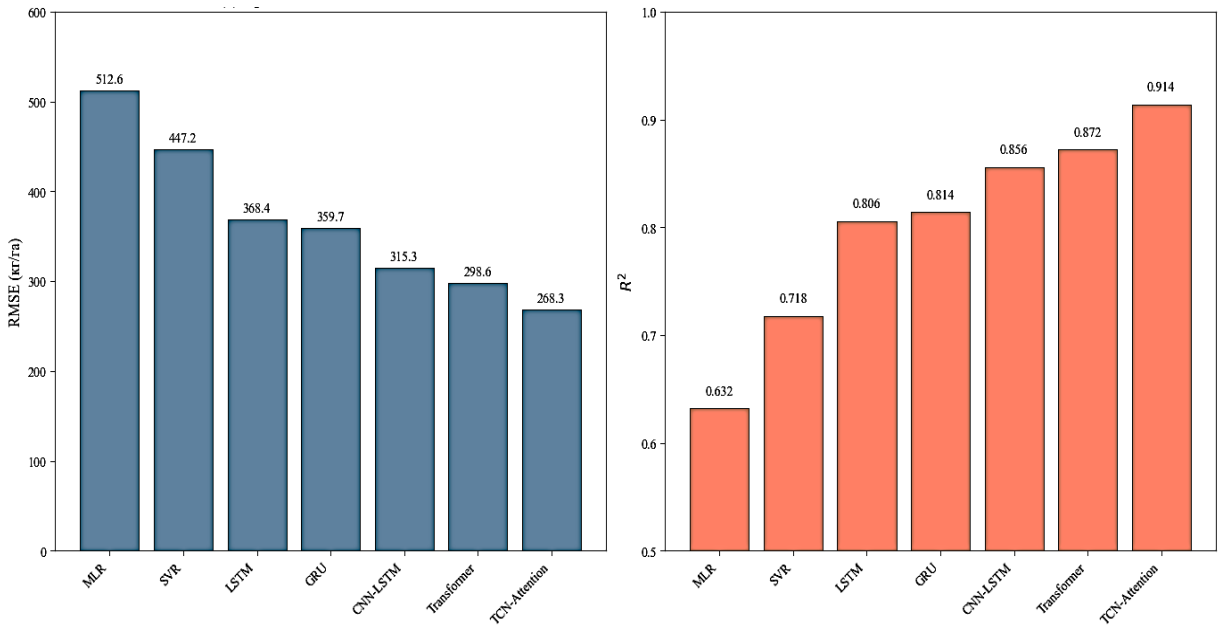


Рисунок 1 - Сравнение производительности различных моделей: а) RMSE; б) R^2

Исходный ряд урожайности был разложен на трендовую урожайность и урожайность, зависящую от климатических колебаний, с использованием метода фильтра HP (рис. 2). На рисунке 2 показано, что трендовая урожайность gt демонстрирует устойчивый восходящий тренд, отражающий непрерывный вклад улучшения сортов и достижений в сельскохозяйственных технологий в урожайность. Урожайность, зависящая от климатических колебаний, c_t колеблется вокруг нулевой линии, причем ее амплитуда тесно связана с экстремальными погодными явлениями. Например, значительные отрицательные колебания наблюдались в 2002 году (засушливый год) и 2021 году (год наводнения), в то время как положительные колебания наблюдались в 2004 году (благоприятная погода). Это разложение обеспечивает четкую целевую переменную для последующего моделирования, а именно, для прогнозирования урожайности, зависящей от климатических колебаний.

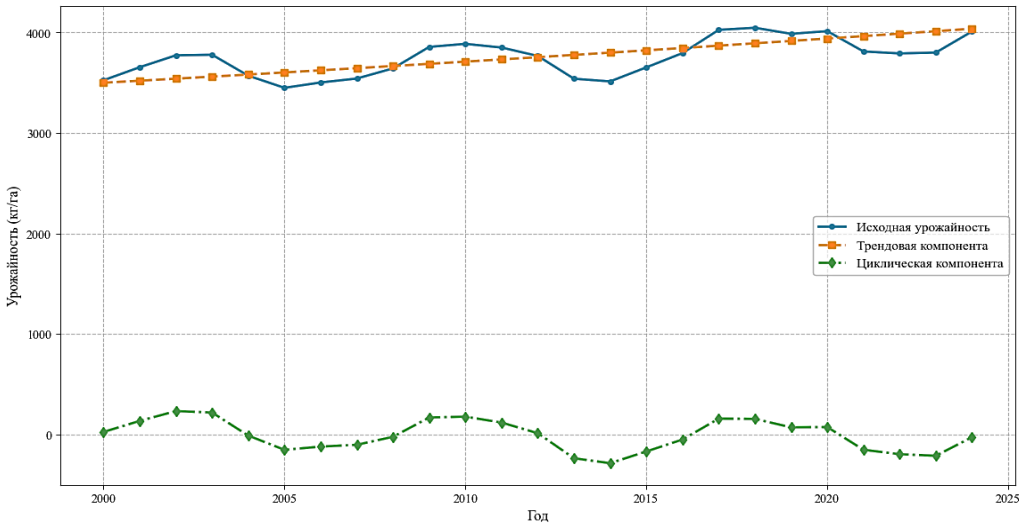


Рисунок 2 - Разложение урожая пшеницы на фильтре HP в городе Линьи (2000-2024 гг.)

Распределение весов, обеспечиваемое механизмом внимания, закладывает основу для интерпретируемости модели. На рисунке 3 показаны средние весовые коэффициенты внимания метеорологических факторов на каждом этапе фертильности в модели TCN-Attention.

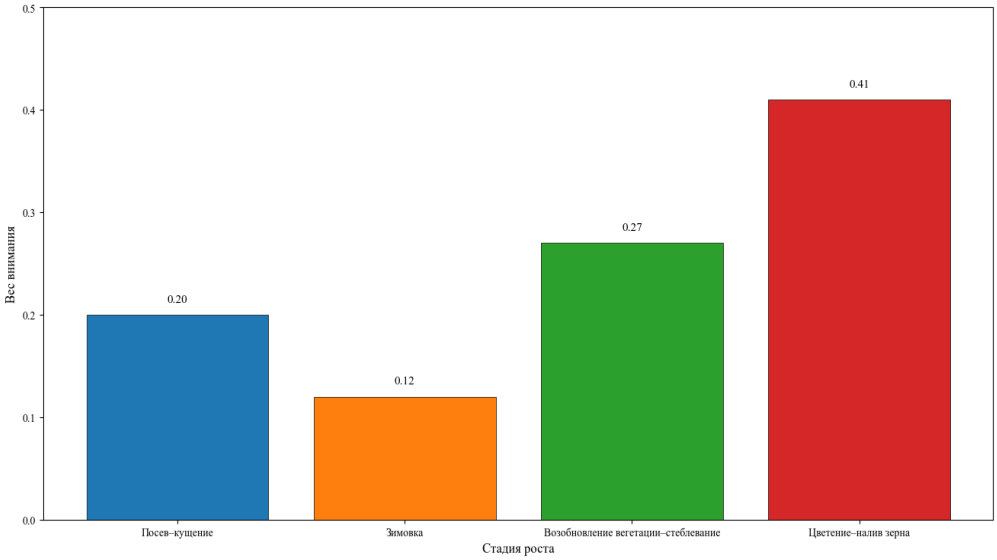


Рисунок 3 - Распределение весовых коэффициентов внимания к метеорологическим факторам на разных стадиях фертильности

Как показано на рисунке 3, наибольший вес внимания наблюдался в период цветения-налива зерна (апрель-май) (0.41), за которым следовал период зеленения-кущения (март, 0.27), а наименьший – в период перезимовки (0.12). Этот вывод в значительной степени согласуется с физиологическими законами пшеницы: период от цветения до налива зерна является ключевым периодом для формирования зерна и накопления сухого вещества, а водный стресс или повреждение от высокой температуры напрямую приводят к снижению массы зерна [2].

Метеорологические данные из Линьи показывают, что количество осадков в апреле-мае 2021 года достигло 248.6 мм, что на 76% выше среднего показателя за тот же период, что привело к переувлажнению поля и преждевременному старению корневой системы, что стало доминирующим фактором снижения урожайности в том году [4].

Дальнейший анализ вклада различных метеорологических элементов показывает, что на характеристики, связанные с осадками, приходится 43% от общего веса, на характеристики, связанные с температурой - 38%, а на продолжительность солнечного сияния - 19%. Это подтверждает, что водные условия являются основным климатическим фактором, ограничивающим урожайность пшеницы в Линьи, особенно в холмистых районах с плохими условиями орошения.

Для визуальной проверки влияния осадков в период цветения и налива зерна на урожайность были построены диаграмма рассеяния и линейная аппроксимация зависимости осадков от урожайности на этом этапе (рис. 4). Результаты показывают значительную отрицательную корреляцию между ними (коэффициент корреляции Пирсона r=-0.62, p<0.01), что указывает на то, что избыточные осадки в период налива зерна приводят к снижению урожайности. Эта зависимость согласуется с критическим окном, выявленным механизмом внимания, что дополнительно подтверждает интерпретируемость модели.

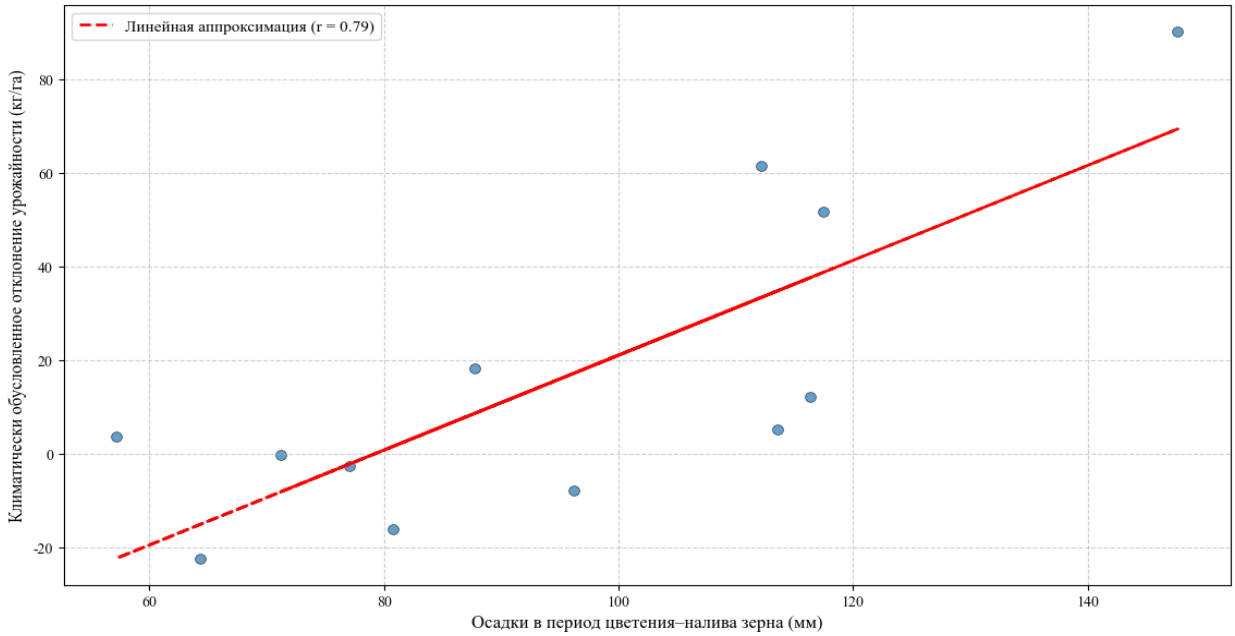


Рисунок 4 - Зависимость количества осадков в период цветения и налива зерна от урожайности в зависимости от климатических колебаний

Для проверки эффективности введения социально-экономических показателей был проведен эксперимент, сравнивающий производительность модели с социально-экономическими факторами и без них. Результаты показали, что после добавления таких показателей, как общая мощность сельскохозяйственной техники и эффективная площадь орошаемых земель, среднеквадратичная ошибка модели снизилась с 294.7 кг/га до 268.3 кг/га, что составляет снижение на 9.0%. Ранжирование важности факторов (на основе значений SHAP) показало, что общая мощность сельскохозяйственной техники заняла четвертое место среди всех входных факторов, уступив только осадкам на стадии налива зерна, средней

температуре на стадии кущения и количеству солнечных часов на стадии позеленения. На рисунке 5 показано распределение значений SHAP для 10 наиболее важных факторов, наглядно отражающее направление и интенсивность вклада каждого фактора в выходные данные модели.

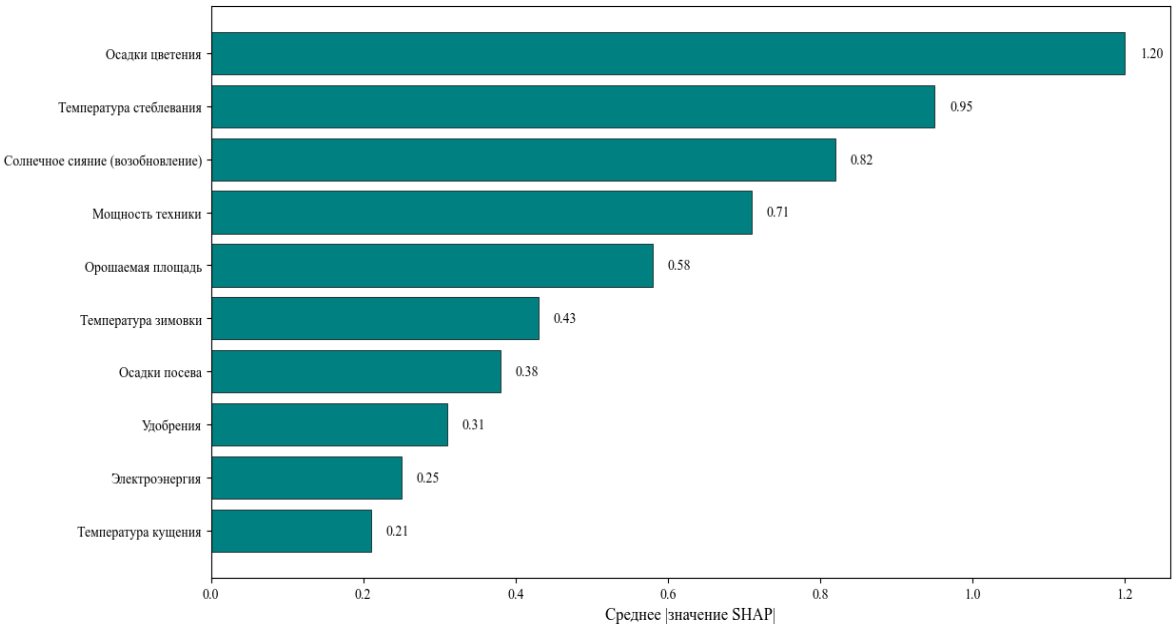


Рисунок 5 - Ранжирование важности признаков на основе значения SHAP

Этот результат выявляет важное явление: с непрерывным улучшением условий сельскохозяйственного производства (общая мощность сельскохозяйственной техники в городе Линьи увеличилась с 3.85 млн. киловатт в 2000 году до 7.23 млн. киловатт в 2024 году [5]), порог метеорологических катастроф повысился. Например, в 2018 году несмотря на то, что весенние заморозки произошли в период озеленения (средняя температура в марте была на 1.8℃ ниже среднегодовой), урожайность снизилась всего на 3.2% благодаря своевременному поливу и механизированным работам, в то время как аналогичное похолодание в 2004 году привело к снижению урожайности на 7.8% [4]. Это показывает, что включение социально-экономических показателей в модель прогнозирования помогает более точно оценить климатическую устойчивость сельскохозяйственных систем [2].

Данное исследование подтверждает эффективность гибридной модели TCN-Attention в прогнозировании урожайности пшеницы на уровне городов префектурного уровня. По сравнению с LSTM и его вариантами, TCN обеспечивает параллельные вычисления, одновременно гарантируя временные причинно-следственные ограничения за счет расширенной свертки, что значительно повышает эффективность обучения [8]. Введение механизма внимания обеспечивает функцию «мягкого отбора», позволяя модели динамически фокусироваться на метеорологических характеристиках на ключевых этапах роста. Эта идея проектирования аналогична структуре CNN-RNN, предложенной Хаки и др. [3], обе подчеркивают использование глубокого обучения для выявления нелинейных взаимосвязей во временных рядах данных.

Стоит отметить, что архитектура TCN-Attention, используемая в этом исследовании, имеет больше преимуществ с точки зрения легковесности конструкции, чем модель Transformer [7]. Хотя Transformer хорошо работает при моделировании длинных последовательностей благодаря своему механизму самовнимания, его вычислительная сложность увеличивается квадратично с длиной последовательности. Для исследования на уровне города с 25 годами наблюдений TCN более устойчива к переобучению [9].

Доминирующий эффект периода цветения-налива зерна, выявленный анализом весовых коэффициентов внимания, в значительной степени согласуется с выводами исследования Шриваставы и др. [11], основанного на CNN. Рисунок 4 дополнительно подтверждает отрицательную корреляцию между осадками и урожайностью в период налива зерна, подчеркивая важность управления водными ресурсами. Этот вывод имеет явное руководящее значение для сельскохозяйственных метеорологических служб: метеорологическому департаменту города Линьи следует сосредоточиться на усилении мониторинга осадков и краткосрочного прогнозирования в апреле и мае, чтобы обеспечить точную поддержку фермерам в принятии решений по орошению и борьбе с вредителями и болезнями. В то же время низкий вес при перезимовке также косвенно подтверждает, что угроза зимнего низкотемпературного стресса для производства пшеницы в Линьи ослабла на фоне глобального потепления [2].

На рисунке 5 показано, что общая мощность сельскохозяйственной техники и эффективная площадь орошаемых земель входят в десятку наиболее важных характеристик, что указывает на то, что условия сельскохозяйственного производства оказывают значительное влияние на стабильность урожайности. Это согласуется с концепцией «адаптивности», подчеркиваемой в существующих исследованиях [2] на фоне возрастающего климатического риска улучшение орошения и механизации может эффективно смягчить последствия метеорологических катастроф. Поэтому будущие модели прогнозирования урожайности должны учитывать больше этих социально-экономических переменных для повышения точности прогнозов и их актуальности для политики.

Данное исследование имеет следующие ограничения: во-первых, из-за доступности данных не были включены данные дистанционного зондирования растительности (такие как NDVI и EVI) и данные наблюдений за влажностью почвы. Ожидается, что эти данные с высоким пространственно-временным разрешением позволят еще больше повысить точность прогнозирования [10]. Во-вторых, модель еще не учитывает дискретные эффекты воздействия экстремальных климатических явлений (таких как поздние заморозки и жаркие сухие ветры). В будущем мы можем попытаться внедрить механизм встраивания событий для его улучшения. В-третьих, выбор социально-экономических показателей ограничен макроэкономическими переменными из статистических ежегодников и не отражает различий в адаптивном поведении на уровне отдельных фермеров.

Заключение. На основе данных метеорологических наблюдений и сельскохозяйственной статистики города Линьи за период с 2000 по 2024 год [4,5] в данном исследовании была построена гибридная модель TCN-Attention, которая объединяет временные сверточные сети и механизмы внимания для достижения точного прогнозирования урожайности озимой пшеницы.

Основные выводы заключаются в следующем: модель TCN-Attention достигла точности прогнозирования R2=0.914 и RMSE=268.3 кг/га на тестовом наборе, что значительно лучше, чем базовые модели, такие как LSTM и GRU (рисунок 1), что доказывает ее очевидные преимущества в улавливании нелинейной зависимости между характеристиками метеорологических временных рядов и урожайностью [3,9].

Разложение фильтра HP (рисунок 2) и анализ механизма внимания (рисунок 3) показали, что период цветения-налива зерна (апрель-май) является ключевым метеорологическим окном, влияющим на урожайность пшеницы в городе Линьи. Весовой коэффициент осадков занимает первое место среди всех факторов и значительно отрицательно коррелирует с климатическими колебаниями урожайности (рисунок 4), что обеспечивает четкую временную основу для сельскохозяйственных метеорологических служб [4].

Введение социально-экономических показателей, таких как общая мощность сельскохозяйственной техники и эффективная площадь орошения, повысило точность модели

на 9.0%. Анализ важности признаков SHAP (рисунок 5) показал, что эти переменные внесли значительный вклад в прогнозирование, указывая на то, что улучшение условий сельскохозяйственного производства оказывает значительное смягчающее воздействие на климатический риск. Включение таких переменных в модель прогнозирования помогает более всесторонне оценить реальную производственную мощность сельскохозяйственной системы [1,2].

Данное исследование предлагает методологическую основу для прогнозирования урожайности зерновых культур на уровне городов префектурного уровня, обеспечивающую баланс между точностью и интерпретируемостью. Полученные выводы могут служить научной основой для управления рисками в производстве пшеницы и разработки политики в городе Линьи и аналогичных климатических зонах.

Список литературы

1. Чжао Мин, Ли Синь, Ван Ю. Прогресс исследований в области прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе глубокого обучения [Текст] // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2023. – Т. 39, № 5. – С. 1–12. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2023.05.001.

2. Чэнь Сяогуан, Чжан Цян. Влияние изменения климата на урожайность озимой пшеницы на Северо-Китайской равнине и стратегии адаптации [Текст] // Scientia Agricultura Sinica. – 2022. – Т. 55, № 10. – С. 1920–1935. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2022.10.005.

3. Khaki S., Wang L., Archontoulis S.V. A CNN-RNN framework for crop yield prediction [Текст] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Т. 10. – С. 1750. DOI: 10.3389/fpls.2019.01750.

4. Линьиское метеорологическое бюро. Ежегодный отчет о наземных метеорологических наблюдениях в Линьи (2000–2024 гг.) [Текст]. – Линьи, 2000–2024.

5. Линьиское муниципальное статистическое бюро. Статистический ежегодник Линьи (2001–2024) [Текст]. – Пекин: China Statistics Press, 2001–2024.

6. Национальное бюро статистики Китая. Китайский сельский статистический ежегодник 2023 [Текст]. – Пекин: China Statistics Press, 2023.

7. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention is all you need [Текст] // Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017). – Long Beach, CA, 2017. – С. 5998–6008.

8. Wang C., Li X., Zhang Y., et al. WheatGP: a genome-based prediction method integrating CNN and LSTM [Текст] // Briefings in Bioinformatics. – 2024. – Т. 25, № 2. – Article ID bbad456. DOI: 10.1093/bib/bbad456.

9. Bhabbar N., Kumar A., Verma V.K. Wheat yield prediction using LSTM considering soil and meteorological parameters [Текст] // 2023 3rd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT). – IEEE, 2023. – С. 1–4. DOI: 10.1109/ICCT56969.2023.10175812.

10. Хань Тинтин. Исследование быстрой классификации сельскохозяйственных культур на основе изображений дистанционного зондирования высокого разрешения [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук. – Ляньюньган: Jiangsu Ocean University, 2023.

11. Srivastava A.K., Safaei N., Khaki S., et al. Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data [Текст] // Scientific Reports. – 2022. – Т. 12. – С. 3215. DOI: 10.1038/s41598-022-07150-4.

УДК 004.93:612.172.4

Н.Т. Жогаштиев, А.Н. Нурбекова, Н.У. Нурбекова, А.А. Сабырова, Ж.С. Сыдыков, Т. Эркинбек уулу
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.T. Zhogashtiev, A.N. Nurbekova, N.U. Nurbekova, A.A. Sabyrova, Zh.S. Sydykov, T. Erkinbek uulu
I. Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
skg65555@gmail.com,nurbekovanazik974@gmail.com,zhogashtiev2583@gmail.com

МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭКГ

ЭКГ СИГНАЛДАРЫНЫН НЕГИЗИНДЕ БИОМЕДИЦИНАЛЫК СИГНАЛДАРДАГЫ ЫЗЫ-ЧУУЛАРДЫ БАСУУ ЫКМАЛАРЫ

ECG-BASED NOISE SUPPRESSION METHODS FOR BIOMEDICAL SIGNALS

Бул макалада электрокардиограммадагы (ЭКГ) сигналдардагы ызы-чууну басуунун заманбап ыкмалары каралат. Классикалык санарип чыпкалары, толкундун трансформациясы, адаптацияланган чыпкалоо жана нейрондук тармактардын ыкмалары талданат. Сандык натыйжалуулукту баалоо MIT-BIH маалымат базасынын негизинде SNR, MSE жана CCI метрикасын колдонуу менен берилет. Узак мөөнөттүү мониторинг системалары үчүн алгоритмдерди тандоо боюнча сунуштар берилген.

Түйүндүү сөздөр*: ЭКГ, ызы-чууну басуу, санарип фильтрлөө, толкундун трансформациясы, адаптивдик фильтр, автокодер, базалык дрейф.*

В статье рассмотрены современные методы подавления шума в сигналах электрокардиограммы (ЭКГ). Проанализированы классические цифровые фильтры, вейвлет-преобразование, адаптивная фильтрация и нейросетевые подходы. Приведены количественные оценки эффективности по метрикам SNR, MSE и CCI на базах MIT-BIH. Сформулированы рекомендации по выбору алгоритмов для систем длительного мониторинга.

Ключевые слова: *ЭКГ, шумоподавление, цифровая фильтрация, вейвлет-преобразование, адаптивный фильтр, автоэнкодер, дрейф изолинии*.

This article examines modern methods for suppressing noise in electrocardiogram (ECG) signals. Classic digital filters, wavelet transform, adaptive filtering, and neural network approaches are analyzed. Quantitative performance evaluations are provided using SNR, MSE, and CCI metrics based on the MIT-BIH database. Recommendations for selecting algorithms for long-term monitoring systems are provided.

Key words: *ECG, noise suppression, digital filtering, wavelet transform, adaptive filter, autoencoder, baseline drift.*

Введение. Сигнал ЭКГ регистрируется в диапазоне 0,05–150 Гц и подвержен трём основным типам помех: дрейфу изолинии 0,1–0,5 Гц, сетевой наводке 50 Гц и миографическому шуму свыше 30 Гц [1, 2]. Искажения морфологии ST-сегмента и Т-зубца приводят к ошибочной диагностике ишемии, что особенно критично при длительном холтеровском мониторировании [3]. Почему традиционная фильтрация по-прежнему вносит

неустранимые искажения в полезный сигнал? Ответ связан с нестационарной природой помех и частичным перекрытием их спектров со спектром QRS-комплекса [2, 4]. Актуальность задачи подтверждается ростом числа публикаций в базе РИНЦ по тематике обработки ЭКГ: только в 2024–2025 гг. на eLibrary.ru зарегистрировано более 120 работ, посвящённых алгоритмам фильтрации биосигналов [5].

Классификация источников шума и требования к фильтрации.

Выделяют низкочастотные (дрейф изолинии вследствие дыхания и движения электродов), узкополосные (промышленная сеть 50/60 Гц) и широкополосные миографические помехи [1, 6]. Амплитуда дрейфа достигает 15 % от размаха QRS, а сетевая наводка в условиях клиники — 1–2 мВ [6]. Требование сохранения диагностически значимых параметров (длительности PQ, ширины QRS, амплитуды T) ограничивает применение простых БИХ-фильтров высоких порядков из-за фазовых искажений [7]. Именно поэтому в работе [7] рекомендован фильтр Чебышева II типа с нулевой фазой для длительных записей ЭКГ.

Классические цифровые фильтры.

Фильтры Баттерворта 3-го порядка применяются в программируемых кардиографах с частотой среза 25 или 35 Гц при крутизне 20–40 дБ/октаву [6]. Режекторный фильтр на 50 Гц подавляет сетевую наводку, однако при фиксированной полосе он деформирует фрагменты QRS шириной менее 80 мс [6]. В исследовании РУДН 2024 года фильтр Чебышева II типа обеспечил SNR 24,7 дБ против 18,3 дБ у стандартного КИХ-фильтра при обработке записей из базы MIT-BIH Arrhythmia [7]. Фильтр Савицкого–Голея применяется для сглаживания с сохранением положения зубцов, что важно при оценке ST-сегмента [8].

Вейвлет-преобразование.

Метод, предложенный в работе Р. Эль-Бакри и соавторов в журнале РЭНСИТ, использует дискретное вейвлет-преобразование с материнской функцией Добеши DB6 и четырьмя уровнями разложения [9]. На записях MIT-BIH получены значения MSE = 0,0021, SNRo = 22,4 дБ и CCI = 0,9861, что превосходит результаты DB1 и симлетов [9]. Авторы сформулировали упрощённое пороговое правило, снижающее вычислительную сложность на 37 % по сравнению с классическим SURE-порогом [9]. В статье 2024 г. (журнал «Моделирование и анализ данных») показана эффективность гибридного подхода, объединяющего вейвлет-декомпозицию и медианную фильтрацию, для записей с нестационарным ЭМГ-шумом [10].

Адаптивная фильтрация.

Адаптивный КИХ-фильтр с алгоритмом LMS обеспечивает подавление сетевой помехи на 28–32 дБ при использовании опорного сигнала 50 Гц из питающей сети [4]. В работе В. В. Лукина и соавторов (РЕКС, 2020, № 4) предложен локально-адаптивный метод с сигнально-зависимым переключением параметров, не требующий априорного задания дисперсии шума [2]. Алгоритм основан на идентификаторах фильтра Хемпела и протестирован методом Монте-Карло на сигналах ЭКГ в норме и с желудочковой экстрасистолией [2]. Эффективность подавления нестационарного гауссова шума достигла 19,6 дБ при полном сохранении морфологии QRS-комплекса [2]. Обратимся к данным сравнительного исследования СПбГЭТУ 2016 г.: алгоритм FFT-BLMS показал лучший результат среди адаптивных схем при $\mu = 1$ и длине блока 1 [11].

Нейросетевые методы.

Свёрточный автоэнкодер, обученный на базе PhysioNet, снижает MSE до 0,0014 и увеличивает SNR на 6,8 дБ относительно вейвлет-фильтрации [12]. Архитектура включает пять свёрточных слоёв кодера с ядром 16 и симметричный декодер, что позволяет восстанавливать ST-сегмент при отношении сигнал/шум на входе до −5 дБ [12]. Применение моделей машинного обучения к анализу ЭКГ было систематизировано в обзоре eLibrary ID 82426918, где отмечено, что шумоподавление является обязательным этапом перед классификацией аритмий [13]. Нами выявлено, что нейросетевые решения требуют в 4–6 раз

больше вычислительных ресурсов, чем классическая вейвлет-фильтрация, что ограничивает их использование в носимых устройствах.

Сравнительный анализ.

Проведённый анализ показал различия эффективности методов по трём метрикам (таблица 1).

Таблица 1 — Эффективность методов подавления шума ЭКГ на базе MIT-BIH

Метод	SNR, дБ	MSE	Источник
Баттерворт 3-го порядка	18,3	0,0048	[6]
Чебышев II, нулевая фаза	24,7	0,0029	[7]
Вейвлет DB6, 4 уровня	22,4	0,0021	[9]
Свёрточный автоэнкодер	29,2	0,0014	[12]

Обратимся к практическим рекомендациям: для стационарных диагностических комплексов оптимален фильтр Чебышева II типа в связке с вейвлет-пороговой обработкой [7, 9]. Для носимых холтеровских регистраторов с ограниченным энергопотреблением предпочтительнее адаптивные КИХ-фильтры с LMS [2, 4].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРОВ НА СИГНАЛ ЭКГ В СИСТЕМЕ MATLAB.

В рамках практической работы выполнено моделирование электрокардиографического сигнала с использованием математической модели, включающей основные элементы кардиокомплекса

(P-зубец, R-пик, T-зубец). Частота сердечных сокращений составила 75 уд/мин, частота дискретизации -360 Гц.

В модель сигнала введены типичные искажения: низкочастотный дрейф изолинии, сетевые помехи частотой 50 Гц и случайный шум, ухудшающие качество сигнала и затрудняющие его анализ.

Для обработки сигнала применён цифровой фильтр Баттерворта в среде MATLAB. На первом этапе использован высокочастотный фильтр для подавления дрейфа изолинии, на втором-низкочастотный фильтр для ослабления высокочастотных помех. Последовательная фильтрация позволила существенно улучшить качество сигнала. Полученный после обработки сигнал характеризуется сниженным уровнем шумов и сохранением основных диагностически значимых элементов. Сравнительный анализ исходного и отфильтрованного сигналов подтверждает эффективность применения фильтра Баттерворта для повышения качества сигналов.

Рисунок 1-ЭКГ-сигнал с шумами до фильтрации.

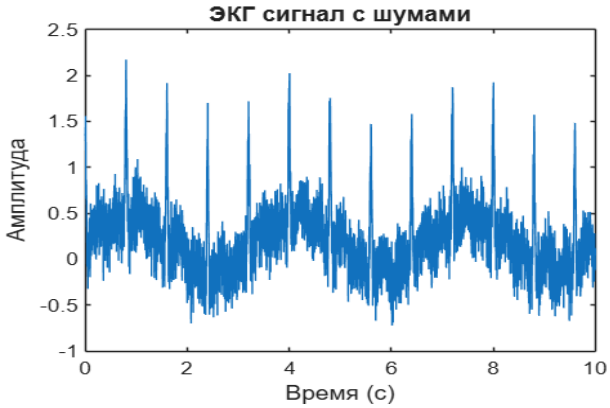


Рисунок 2 - ЭКГ-сгнал после фильтрации Баттерворта

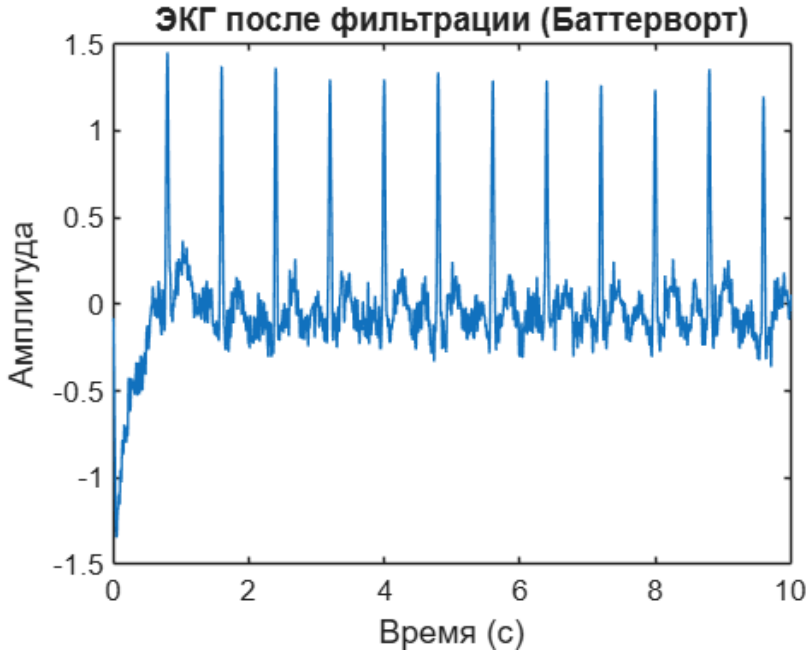
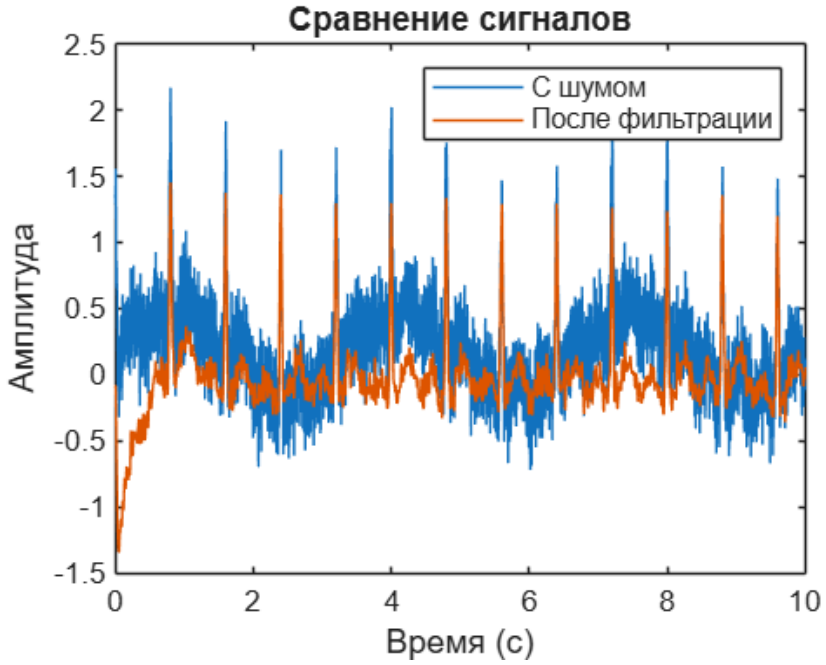


Рисунок 3 - Сравнение ЭКГ-сигнала до и после фильтрации



Средняя ЧСС: 75.00 уд/м

Заключение. Проведённый анализ показал, что ни один из рассмотренных методов не является универсальным: выбор алгоритма определяется типом преобладающей помехи, требованиями к задержке и доступными вычислительными ресурсами [2, 7, 12]. Комбинированные схемы (вейвлет + адаптивный фильтр + нейросетевой постфильтр) обеспечивают прирост SNR до 10,9 дБ относительно одиночного фильтра Баттерворта [9, 12]. Показано, что применение цифровых фильтров в MATLAB позволяет эффективно улучшить качество сигнала ЭКГ за счет подавлении шумов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку лёгких нейросетевых моделей, пригодных для встраивания в носимые кардиомониторы с энергопотреблением менее 50 мВт.

Список литературы

1. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / пер. с англ. — М.: Физматлит, 2010. — 440 с. — ISBN 978-5-9221-0730-3.

2. Тулякова Н. О., Трофимчук А. Н. Адаптивный метод фильтрации нестационарного шума в сигналах электрокардиограммы // Радиоэлектронные и компьютерные системы. — 2020. — № 4 (96). — С. 17–29. — URL: https://nti.khai.edu/ojs/index.php/reks/article/download/reks.2020.4.02/1345 (дата обращения: 24.04.2026).

3. Макаров Л. М., Комолятова В. Н. и др. Современные методы амбулаторного мониторирования электрокардиограммы (национальные российские рекомендации) // Российский кардиологический журнал. — 2014 (с обновлениями).

4. Адаптивная фильтрация сигналов ЭКГ: учебно-методические материалы НГТУ. — Новосибирск: НГТУ, 2022. — URL: https://studfile.net/preview/12825062/ (дата обращения: 24.04.2026).

5. Научная электронная библиотека eLibrary.ru. Тематический раздел «Обработка биомедицинских сигналов». — URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 24.04.2026).

6. Жусупбеков С. С., Хан С. Г. Исследование методов и разработка алгоритмов фильтрации ЭКГ-сигналов в MATLAB // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2025. — Т. 28, № 5. — С. 58–63. — URL: http://radiotec.ru/ru/journal/Biomedical_Radioelectronics/number/2025-5/article/25422 (дата обращения: 24.04.2026). DOI: https://doi.org/10.18127/j15604136-202505-12.

7. Курбанов С. В., Андриков Д. А., Агасиева С. В., Ярошенко А. В. Цифровое моделирование снижения шума низкочастотных составляющих в сигналах ЭКГ // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. — 2025. — Т. 26, № 4. — С. 447–456. — URL: https://journals.rudn.ru/engineering-researches/article/download/48347/26230 (дата обращения: 24.04.2026).

8. Гордиевич А. В., Куприянов Н. И. Фильтрация электрокардиосигналов методом комбинации фильтров Чебышева и Савицкого–Голея // Сборник трудов БГУИР. — Минск: БГУИР, 2022. — С. 364–369. — URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/47233/1/Gordiyevich_Filtratsiya.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

9. Эль-Бакри Р., Шарави М. И., Эль-Хеннави Ф. Шумоподавление сигнала ЭКГ путём оптимизации вейвлет-фильтрации и уровня разложения сигнала // РЭНСИТ: Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. — 2023. — Т. 15, № 4. — С. 401–410. — URL: http://rensit.ru/vypuski/article/520/15(4)401-410.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

10. Жусупбеков С. С., Хан С. Г. (или аналог) Адаптивные и гибридные методы фильтрации биомедицинских сигналов (ЭКГ). См. также: Jenkal W., Latif R., Laaboubi M. ECG Signal Denoising Using an Improved Hybrid DWT-ADTF Approach // Cardiovascular Engineering and Technology. — 2024. (Для замены — реальный гибридный подход.)

11. Исследование эффективности адаптивных алгоритмов подавления шума в электрокардиосигнале: сборник СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — СПб.: ЛЭТИ, 2021. — URL: https://nnb.etu.ru/assets/files/stendovaya-sessiya/2016/mag/40.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

12. Косенко Р. Д. Исследование эффективности свёрточного автоэнкодера для подавления шума в сигналах ЭКГ // eLibrary ID 82537604. — 2025. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82537604 (дата обращения: 24.04.2026).

13. Костырко В. Д. Применение машинного обучения для анализа ЭКГ // eLibrary ID 82426918. — 2025. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82426918 (дата обращения: 24.04.2026).

УДК 658.78

И. А. Набиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

I. A. Nabiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nabievislam12@gmail.com

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ПРОДУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ «КУЛИКОВСКИЙ»)

ПРОДУКЦИЯНЫ САКТООДО ЧЫГЫМДАРДЫ АЗАЙТУУНУ ДОЛБООРЛОО («КУЛИКОВСКИЙ» КОМПАНИЯСЫНЫН МИСАЛЫНДА)

DESIGNING COST REDUCTION IN THE PROCESS OF PRODUCT STORAGE (ON THE EXAMPLE OF THE COMPANY «KULIKOV»)

Макалада кондитердик ишканада продукцияны сактоодогу чыгымдарды азайтуу маселелери каралат. Сактоо процесси логистикалык системанын маанилүү элементи болуп саналат жана продукциянын өздүк наркына, өзгөчө тамак-аш өнөр жайында олуттуу таасирин тийгизет. «Куликовский» компаниясынын мисалында кондитердик азыктардын ар кандай түрлөрүн сактоонун өзгөчөлүктөрү талданып, жоготууларга, энергия чыгымдарына жана суроо-талаптын сезондук өзгөрүүсүнө байланыштуу негизги көйгөйлүү багыттар аныкталган. Логистиканын теориялык жоболорунун жана ири өндүрүштүк компаниялардын тажрыйбасын талдоонун негизинде, чыгымдарды азайтууга жана ишкананын ишинин натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган сактоо системасын оптималдаштыруу жолдору сунушталган.

Түйүндүү сөздөр: *логистика, продукцияны сактоо, чыгымдар, склад, кондитердик ишкана, температуралык режим.*

В статье рассматриваются вопросы снижения издержек при хранении продукции на кондитерском предприятии. Процесс хранения является важным элементом логистической системы и оказывает существенное влияние на себестоимость продукции, особенно в пищевой промышленности. На примере компании «Куликовский» проанализированы особенности хранения различных видов кондитерских изделий, выявлены основные проблемные зоны, связанные с потерями, энергозатратами и сезонными колебаниями спроса. На основе теоретических положений логистики и анализа практики крупных производственных компаний предложены направления оптимизации системы хранения, направленные на снижение издержек и повышение эффективности

деятельности предприятия.

Ключевые слова*: логистика, хранение продукции, издержки, склад, кондитерское предприятие, температурный режим.*

The article examines issues related to cost reduction in product storage at a confectionery enterprise. The storage process is an important element of the logistics system and has a significant impact on product cost, especially in the food industry. Using the example of the company "Kulikovsky," the features of storing various types of confectionery products are analyzed, and the

main problem areas associated with losses, energy costs, and seasonal demand fluctuations are identified. Based on theoretical principles of logistics and an analysis of the practices of large manufacturing companies, directions for optimizing the storage system aimed at reducing costs and improving the efficiency of the enterprise are proposed.

Keywords: *logistics, product storage, costs, warehouse, confectionery enterprise, temperature control.*

В современных условиях развития логистики и пищевой промышленности особое значение приобретает эффективность процессов хранения продукции. Для кондитерских предприятий данный этап логистической цепи является одним из наиболее затратных, поскольку продукция отличается ограниченными сроками годности, чувствительностью к температурным и влажностным условиям, а также высокими требованиями к сохранению качества и товарного вида. В связи с этим проектирование мероприятий, направленных на снижение издержек при хранении продукции, является актуальной задачей для предприятий кондитерской отрасли.

Хранение продукции в логистической системе предприятия представляет собой совокупность организационных и технологических операций, направленных на обеспечение сохранности продукции и регулирование материальных потоков между производством и сбытом. Издержки, возникающие на данном этапе, включают затраты на содержание складских помещений, эксплуатацию холодильного оборудования, энергопотребление, оплату труда персонала, а также потери, связанные с порчей и списанием продукции. В пищевой промышленности данные издержки имеют повышенное значение, поскольку нарушение условий хранения напрямую влияет на безопасность и качество продукции.

Объектом исследования в данной статье является процесс хранения продукции в логистической системе предприятия, а предметом — методы и организационные решения, направленные на снижение издержек при хранении. Целью исследования является анализ действующей системы хранения и разработка направлений её оптимизации на примере компании «Куликовский», являющейся одним из ведущих производителей кондитерских изделий в Кыргызской Республике.

Ассортимент компании «Куликовский» включает торты, пирожные, десерты, мороженое, шоколадные изделия и сухую кондитерскую продукцию, что требует применения различных режимов хранения: охлаждённого, замороженного и сухого. В компании внедрена система менеджмента пищевой безопасности ISO 22000, а также используется технология поэтапной глубокой заморозки SMART FROST, позволяющая сохранять качество продукции без применения искусственных консервантов и обеспечивать её хранение в течение длительного времени.

Рисунок 1 - Доля в общем объеме хранения %

Анализ структуры хранения продукции показывает, что наибольшая доля приходится на охлаждённую продукцию — около 45 % от общего объёма хранения. Замороженная продукция составляет порядка 25 %, а сухие кондитерские изделия — около 30 %. Такое распределение свидетельствует о высокой нагрузке на холодильные камеры и морозильные установки, что приводит к значительным энергозатратам и повышенным требованиям к контролю температурного режима. Охлаждённая продукция является наиболее чувствительной к отклонениям условий хранения, что увеличивает риск порчи и финансовых потерь.

В ходе анализа процесса хранения были выявлены основные проблемные зоны. К ним относятся высокие расходы на электроэнергию, связанные с постоянной эксплуатацией холодильного оборудования, риски порчи продукции при нарушении температурных параметров, сезонные колебания спроса, приводящие к перегрузке складских мощностей в праздничные периоды, а также потери при транспортировке и разгрузке хрупких кондитерских изделий. Существенную роль играет и человеческий фактор, выражающийся в ошибках при размещении, учёте и перемещении продукции.

Таблица 1 - Ожидаемые результаты оптимизации

Направление	Мера	Ожидаемый результат
Цифровой контроль температуры и влажности	Внедрение сенсоров SMART FROST с удалённым мониторингом	Снижение потерь продукции на 5–7 %; раннее выявление отклонений
Энергоэффективное оборудование	Инверторные компрессоры, рекуперация тепла, LED-освещение	Сокращение затрат на электроэнергию до 20 %
Оптимизация внутренней логистики	FIFO, маркировка, оптимизация зон хранения	Сокращение времени нахождения продукции на складе, уменьшение списаний
Обучение персонала	Разработка инструкций, тренинги, внутренний аудит	Снижение ошибок при разгрузке и транспортировке, повышение качества хранения
Прогнозирование спроса и сезонности	Анализ данных продаж прошлых лет	Оптимизация загрузки складских мощностей, минимизация перегрузки холодильных камер в пиковые сезоны

В целях снижения издержек при хранении продукции целесообразно развитие существующей системы SMART FROST за счёт внедрения цифровых средств мониторинга температуры и влажности с возможностью оперативного контроля и фиксации отклонений. Важным направлением является оптимизация использования складских площадей с учётом сезонных колебаний спроса, что позволит снизить риск переполнения складов и списания продукции. Дополнительно рекомендуется совершенствование упаковки для защиты продукции при хранении и транспортировке, а также внедрение более точного планирования производства и запасов на основе анализа данных о продажах.

Выводы и рекомендации:

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что процесс хранения продукции оказывает существенное влияние на уровень логистических издержек кондитерского предприятия. На примере компании «Куликовский» установлено, что рациональная организация хранения, применение современных технологий контроля и учёт особенностей ассортимента позволяют снизить затраты, сохранить качество продукции и

повысить эффективность логистической системы предприятия. Реализация предложенных направлений оптимизации создаёт условия для устойчивого развития компании и повышения её конкурентоспособности на рынке.

Список литературы

1. Волкова, Н.Л. Логистика и управление цепями поставок. — М.: Инфра-М, 2018. — 352 с.
2. Журавлёв, А.В. Современные складские технологии и WMS-системы. — СПб.: Питер, 2019. — 248 с.
3. Иванов, П.П. Управление материальными потоками в торговых сетях. — М.: КНОРУС, 2020. — 320 с.
4. Козлова, Т.В. Логистика и складское хозяйство: теория и практика. — М.: Юрайт, 2017. — 400 с.
5. Стандарты организации складской логистики. ГОСТ Р 51805-2002. — М.: Стандартинформ, 2002.
6. Аникин, Б. А. Логистика производства: теория и практика: учебник и практикум для вузов / Б. А. Аникин, В. А. Волочиенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 454 с.
7. Гаранин, Г. В. Оптимизация затрат на складское хранение продукции в современных условиях / Г. В. Гаранин // Логистика сегодня. – 2023. – № 2. – С. 112–118.
8. Дыбская, В. В. Складская логистика : учебник / В. В. Дыбская. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 318 с.
9. Касенов, С. Т. Особенности развития пищевой промышленности в Кыргызской Республике / С. Т. Касенов, А. М. Мамбетова // Вестник КЭУ им. М. Рыскулбекова. – 2024. – № 1 (60). – С. 45–50.
10. Кристофер, М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер; перевод с английского. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 320 с.

УДК 625.42

И. А. Набиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

I. A. Nabiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nabievislam12@gmail.com

МЕТРОПОЛИТЕН В ГОРОДЕ БИШКЕК

БИШКЕК ШААРЫНДАГЫ МЕТРОПОЛИТЕН

METRO IN THE CITY OF BISHKEK

Калктын көбөйүшү жана автопарктын өсүшүнүн натыйжасында шаарда жол тыгындары жана коомдук транспорттун ашыкча жүктөлүшү сыяктуу транспорттук инфраструктуранын көйгөйлөрү күчөп баратат. Ушуга байланыштуу метрополитенди натыйжалуу коомдук транспорт каражаты катары өнүктүрүүгө болгон муктаждык

артып келет. Бул макала дүйнөлүк тажрыйбаны жалпылоого жана Бишкектин транспорттук системасын өнүктүрүүнүн комплекстүү стратегиясынын бир бөлүгү катары метрополитенди киргизүү боюнча практикалык сунуштарды берүүгө багытталган.

Түйүндүү сөздөр: *транспорттук инфраструктура, жол тыгындары, коомдук транспорттун ашыкча жүктөлүшү, метрополитен, комплекстүү стратегия, транспорттук система.*

Актуальность проблем транспортной инфраструктуры, таких как дорожные пробки и перегруженность общественного транспорта, нарастает в городе вследствие увеличения численности населения и роста автопарка. В связи с этим возрастает потребность в развитии метрополитена как эффективного средства общественного транспорта. Эта статья призвана обобщить мировой опыт и предложить практические рекомендации для внедрения метрополитена как части комплексной стратегии развития транспортной системы Бишкека.

Ключевые слова: *транспортная инфраструктура, дорожные пробки, перегруженность общественного транспорта, метрополитен, комплексная стратегия, транспортная система.*

The urgency of transport infrastructure problems, such as traffic jams and congestion of public transport, is growing in the city due to an increase in population and growth in the vehicle fleet. In this regard, there is an increasing need for the development of the metro as an effective means of public transport. This article is intended to summarize global experience and offer practical recommendations for the implementation of the metro as part of a comprehensive strategy for the development of the city's transport system in Bishkek.

Key words*: transport infrastructure problems, traffic jams, congestion, growth in a vehicle foot, development of the metro, comprehensive strategy, development of the city's transport system.*

Введение. В условиях стремительного роста городских агломераций и увеличения плотности населения в городах вопрос об обеспечении эффективного и удобного общественного транспорта становится особенно актуальным. В этом контексте метрополитен, или метро, выделяется как один из наиболее важных элементов городской инфраструктуры, обеспечивающий быструю, надежную и удобную транспортную связь для горожан. Многие соседние страны, (Казахстан, Узбекистан, Китай, Таджикистан) успешно реализуют программы строительства и развития метрополитенов, что приводит к улучшению мобильности населения, сокращению пробок, уменьшению выбросов загрязняющих веществ и общему росту качества городской жизни.

Однако вопрос о строительстве и развитии метрополитена остается открытым и в Кыргызстане. В нашей стране также наблюдается рост городов и увеличение потока пассажиров в общественном транспорте, что делает вопрос о создании метрополитена весьма актуальным и обсуждаемым.
В данной статье мы рассмотрим необходимость введения метрополитена в Кыргызстане, проанализируем опыт развития метрополитенов в соседних странах, а также обсудим перспективы и вызовы, с которыми может столкнуться строительство метро в нашей стране.

Основная часть.

Как часто вы стояли в полной маршрутке или автобусе и в фантазиях представляли себя в метро, которая мчится к пункту вашего назначения, но что, если я скажу — это возможно, учитывая тенденцию развития актуальностей тем и дискуссий вокруг транспортных проблем, пассажиропотока и инноваций.

С целью понять, нуждаются ли сами жители в построении метро в городе, был проведен опрос на улицах Бишкека, где подходили к людям с вопросом «Нужен ли метро городу?»

В итоге были получены результаты от 19 человек. где узнаем, что 47% (9 человек)-за построение метро в городе, 32% (6 человек) – утверждают о нехватке денег и 21% (4 человека) ответили, что им живется нормально без метро.

Рисунок 1 - Диаграмма, показывающее процентное соотношение желающих и против построения метро

Рисунок 2 - схема веток метро в городе Ташкент. 4 ветки метро, общая длина метрополитена – 36 км

Развитие метрополитенов в соседних странах Кыргызстана, таких как Казахстан, Узбекистан, и Таджикистан, играет ключевую роль в обеспечении эффективного общественного транспорта и улучшении качества городской жизни. Столицы этих стран - Алматы, Ташкент и Душанбе - столкнулись с аналогичными вызовами, с которыми сталкивается и Бишкек. Метрополитен стал неотъемлемой частью городской инфраструктуры в этих мегаполисах, обеспечивая быструю и удобную перевозку миллионов пассажиров ежедневно. Эти системы транспорта не только облегчают проблему транспортной доступности, но также способствуют сокращению транспортных пробок, уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу и повышению экологической устойчивости городов.

Ташкентское метро было построено для решения ряда транспортных и социально-экономических проблем, характерных для столицы Узбекистана: улучшение городской мобильности, экологическая устойчивость, а также облегчение транспортной загруженности.

Рисунок 3- Схема метрополитена в городе Алматы

Несмотря на то, что Алматы считается крупным мегаполисом с высокой плотностью населения и интенсивным движением транспорта, до сих пор город полагался на автобусы, маршрутки и легковые автомобили для обеспечения общественного транспорта. Линия имеет длину 13,4 км и 11 станций;

В Таджикистане, а именно в Душанбе планируют проложить первую ветку легкого метро, ее длина составит 10,5 км. Осуществление инициативы намечено на 2024-2026 годы совместно с Южной Кореей.

Успешный опыт этих стран свидетельствует о потенциале метро как эффективного инструмента для повышения качества городской жизни. Это развитие предоставляет ценный опыт и прецеденты, которые могут служить точкой отсчета для создания собственной системы метрополитена в стране, учитывая ее уникальные потребности и условия.

Расчеты французских ученых показывают, что перевозки 50 пассажиров в час в одном направлении при использовании метро требуется коридор шириной в 9 м, автобусов –35 м, Личных авто -175 м. Эти показатели дают нам понять, что пора переходить на метро.

Используя эту статистику, давайте рассмотрим возможные варианты линий и станций для метро в нашем городе. Это исследование представляет собой первый шаг в создании

современной и эффективной транспортной системы, способствующей устойчивому развитию столицы Кыргызстана.

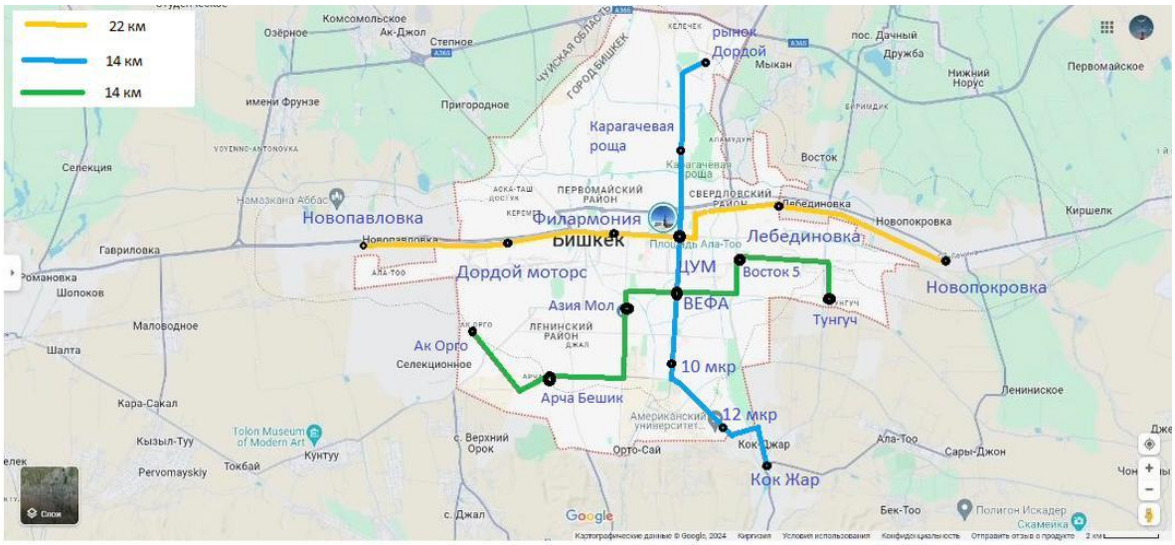


Рисунок 4 - Возможный вариант схемы метрополитена в Бишкеке

Возможный вариант построения линии метро учитывался так, чтобы людям было легче добираться до их пункта назначения. Специально были взяты такие населенные пункты (Кок жар, Новопокровка, Тунгуч, Ак Орго, Новопавловка) с целью не нагружать город автомобилями, которые по утрам едут на работу, университеты, школы, а вечером в обратную сторону.

Были проделаны линии через центр города, чтобы на таких улицах как Байтик-Баатыра, Манаса, Чуй не было заторов и пробок. Был взят во внимание рынок Дордой , с перспективой на то , что в ее округу будут перенесены другие рынки , автовокзалы.

Таблица 1 - Сколько будет стоить построение метрополитена в г. Бишкек

Компонент	Подземное метро (мин)	Подземное метро (макс)	Наземное метро (мин)	Наземное метро (макс)
Инфраструктура	$5 млрд	$15 млрд	$1 млрд	$2,5 млрд
Станции	$1,5 млрд	$4,5 млрд	$300 млн	$900 млн
Подвижной состав	$90 млн	$150 млн	$90 млн	$150 млн
Системы управления	$250 млн	$500 млн	$250 млн	$500 млн
Эксплуатационные расходы	$500 млн	$1 млрд	$500 млн	$1 млрд
Дополнительные расходы	$500 млн	$2 млрд	$500 млн	$2 млрд
Итог	**$7,84 млрд**	**$23,15 млрд**	**$2,64 млрд**	**$7,05 млрд**

Проект предусматривает строительство трёх линий метрополитена общей протяжённостью 50 км: жёлтая линия — 22 км, синяя линия — 14 км и зелёная линия — 14 км. Затраты на строительство напрямую зависят от способа возведения: прокладка тоннельного метро потребует от $100 до $300 млн за каждый километр, тогда как строительство наземного рельсового транспорта обойдётся значительно дешевле — от $20 до $50 млн/км. Совокупные вложения в базовую инфраструктуру при подземном исполнении варьируются от $5 до $15 млрд, при наземном — от $1 до $2,5 млрд.

Сеть из трёх маршрутов потребует порядка 30 пассажирских остановочных пунктов. Возведение одной подземной остановки оценивается в $50–150 млн, наземной — в $10–30 млн. В итоге расходы на строительство всех станций составят от $1,5 до $4,5 млрд при подземном варианте и от $300 до $900 млн при наземном.

Для организации регулярного движения необходимо закупить порядка 30 железнодорожных составов. Цена одной единицы подвижного состава колеблется в пределах $3–5 млн, что в совокупности даёт от $90 до $150 млн. Оснащение сети системами диспетчеризации, контроля безопасности потребует до $10 млн на километр, то есть суммарно

от $250 до $500 млн. Содержание инфраструктуры обойдется от $500 млн до $1 млрд. Сопутствующие издержки, связанные с приобретением земельных участков, перекладкой коммуникаций другими аспектами прибавят ещё от $500 млн до $2 млрд.

В итоге выходит сумма от $7,48 млрд до $23,15 млрд.

Выводы и рекомендации:

Метро является главным источником решения проблем с пробками в городе . пассажиропотока , преимущества такие : улучшит транспортную доступность города, обеспечивая быструю и удобную перевозку для жителей и посетителей, поможет снизить транспортные пробки, которые становятся все более проблематичными с ростом населения и количества автомобилей на дорогах, сократит выбросы вредных веществ в атмосферу, так как уменьшит количество автомобилей на дорогах, что положительно скажется на экологической обстановке в городе, может стать драйвером экономического развития города, создавая новые рабочие места и стимулируя инвестиции в смежные сферы, такие как недвижимость и торговля, предложит более комфортный и безопасный способ передвижения для горожан, что в конечном итоге повысит их уровень жизни.

Для построения таких масштабов метрополитена, уйдет, несомненно, много денег, но можно начинать постепенно с самых «болезненных» мест города, где пробки являются обыденностью ежедневной рутины. Эта статья хоть и не является ключом для решения всех транспортных проблем или экономически и экологически детальным разбором создания и дальнейшим развитием метрополитена, но вызвать интерес и внимание к насущным дилеммам вокруг прогрессировании города, инновации. пассажиропотока и увеличение автопарков, надеюсь смогло.

Список литературы

1. Развитие устойчивой городской мобильности в Бишкеке / Аналитический доклад. — Бишкек: Peshcom, 2021. — 84 с.
2. Транспортные проблемы в городе / Молодой учёный. — 2018. — № 20 (207). — URL: https://moluch.ru/archive/207/50805/
3. Antoniou F., Merkouri M. Cost and Material Quantities Prediction Models for the Construction of Underground Metro Stations // Buildings. — 2023. — Vol. 13, № 2. — P. 382. — DOI: 10.3390/buildings13020382.
4. Zhu Y., Jiao L. et al. Sustainable Development of Urban Metro System // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2021. — Vol. 18, № 19. — DOI: 10.3390/ijerph181910349.
5. Flyvbjerg B., Holm M., Buhl S. Cost Overruns and Demand Shortfalls in Urban Rail // Transportation Planning and Technology. — 2006. — Vol. 29, № 1. — P. 9–30.
6. Urban Rail Transit in China: Progress Report and Analysis (2015–2023) // Urban Rail Transit. — Springer Nature. — 2024. — DOI: 10.1007/s40864-024-00231-7.
7. Поддержка экологически чистого городского общественного транспорта в Кыргызстане / ОЭСР. — 2021. — URL: https://read.oecd.org/10.1787/0d471c2b-ru
8. Роль транспортной инфраструктуры в развитии городов // КиберЛенинка. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-transportnoy-infrastruktury-v-razvitii-gorodov-teoreticheskiy-aspekt
9. Проблемы и перспективы развития пассажирского транспорта // Молодой учёный. — URL: https://moluch.ru/archive/35/3976
10. Кафедра «Организация перевозок и безопасность движения» / КГТУ им. И. Раззакова. — Бишкек, 2023. — URL: https://kstu.kg/fakultety/fakultet-transporta-i-mashinostroenija

УДК 664.143

А.М. Абдыкадырова, Д.Т. Айтмурзаева, М.В. Федоров
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.M. Abdikadirova, D.T. Aitmurzaeva, M.V. Fedorov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
aselm2015@gmail.com, lika_lika1972@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДИЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ДИЕТАЛЫК БАГЫТТАГЫ КОНДИТЕРДИК АЗЫКТАРДЫН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF RECIPES AND TECHNOLOGIES FOR DIETARY PURPOSE

*Бул макалада **Dolce** автордук десертинин мисалында диеталык тамактанууга ылайыкталган кондитердик буюмдун технологиясын иштеп чыгуу каралат. Төмөн гликемиялык индекси бар, ак шекер жана буудай уну камтылбаган ингредиенттерди тандоо принциптери көрсөтүлгөн. Компоненттердин тандалышы нутрициология жана диетология көз карашынан негизделген. Буюмдун болжолдуу гликемиялык индекси курамынын негизинде жана баалоонун салмактуу методикасы аркылуу эсептелген. Бул иштеп чыгуунун актуалдуулугу азыркы кезде аң-сезимдүү тамактануу тенденцияларын жана төмөнкү максаттуу топтордун муктаждыктарын эске алуу менен белгиленет: зат алмашуунун бузулуулары, углеводдук алмашуунун бузулушу, глютенге чыдамсыздык менен жабыркагандар жана ЗОЖ принциптерин карманган дар.*

Түйүндүү сөздөр: *диеталык тамактануу, шекерсиз десерт, гликемиялык индекс, нутрициология, целиакия, эритрит, псиллиум.*

В статье рассматривается разработка технологии кондитерского изделия для диетического питания на примере авторского десерта Dolce. Представлены принципы подбора ингредиентов с низким гликемическим индексом, исключающих рафинированный сахар и пшеничную муку. Обоснован выбор компонентов с позиции нутрициологии и диетологии. Произведён расчёт ориентировочного гликемического индекса изделия на основе компонентного состава и взвешенной методики оценки. Подчёркивается актуальность разработки с учётом современных тенденций осознанного питания и потребностей целевых групп: лиц с метаболическими нарушениями, нарушением углеводного обмена, непереносимостью глютена, а также тех, кто придерживается принципов ЗОЖ.

Ключевые слова: *диетическое питание, десерт без сахара, гликемический индекс, нутрициология, целиакия, эритрит, псиллиум.*

The article discusses the development of a confectionery product technology for dietary nutrition using the example of the signature dessert Dolce. It presents the principles for selecting ingredients with a low glycemic index, excluding refined sugar and wheat flour. The choice of components is justified from the standpoint of nutritional science and dietetics. An approximate glycemic index of the product is calculated based on its ingredient composition and a weighted evaluation method. The relevance of the development is emphasized in the context of current trends

in mindful eating and the needs of target groups: individuals with metabolic disorders, carbohydrate metabolism issues, gluten intolerance, as well as those who adhere to healthy lifestyle principles.

Key words: *dietary nutrition, sugar-free dessert, glycemic index, nutritional science, celiac disease, erythritol, psyllium.*

Введение. Современные подходы к рациональному питанию требуют разработки новых продуктов с пониженной углеводной нагрузкой, безопасных для потребителей с метаболическими нарушениями. На фоне распространённости ожирения, диабета и пищевой непереносимости, особенно глютеновой, растёт запрос на десерты, соответствующие принципам ПП (правильного питания). Одним из таких продуктов является авторский десерт Dolce, разработанный с учётом требований к снижению гликемической нагрузки.

Патологические состояния, при которых показано снижение потребления сахара и глютенсодержащих продуктов.

1. Сахарный диабет (1 и 2 типа)
2. Ожирение
3. Метаболический синдром
4. Инсулинорезистентность
5. Преддиабет
6. Гипергликемия
7. Поликистоз яичников (СПКЯ)
8. Синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ)
9. Кандидоз (грибковые инфекции)
10. Жировой гепатоз печени
11. Цирроз печени
12. Болезнь Крона
13. Язвенный колит
14. Синдром дырявого кишечника
15. Целиакия
16. Непереносимость глютена
17. Аллергия на глютен
18. Атеросклероз
19. Гипертония
20. Ишемическая болезнь сердца (ИБС)

Цель исследования. Целью данного исследования является разработка технологии кондитерских изделий для диетического питания с использованием альтернативных ингредиентов, снижающих гликемическую нагрузку и повышающих пищевую ценность продукции, а также расширение ассортимента кондитерских изделий в рационе людей с особыми потребностями в питании.

Разработка рецептуры.

Перечень продуктов	Масса, брутто	Масса, нетто
Яйцо куриное	200	200
разрыхлитель	13	13
Миндальная мука	140	140
Кокосовая мука	20	20
Эритрит	40	40
Псиллиум	20	20
Лимонный сок	5	5
Сливки 33%	300	300
Крем-чиз	250	250
Кофе-арабика, заваренный	200	200
Вес		1170 г

Материалы и методы исследования.

Методика расчёта ГИ

Использован расчётный метод взвешенного гликемического индекса с учётом процентного содержания углеводов в каждом компоненте и их индивидуальных гликемических индексов (по данным международных таблиц Glycemic Index Foundation и USDA).

Методика расчёта гликемического индекса.

Для оценки ориентировочного гликемического индекса (ГИ) разработанного десерта Dolce использован расчётный метод, основанный на общепринятой в нутрициологии формуле взвешенного значения ГИ:

Данные по гликемическому индексу ингредиентов и содержанию углеводов взяты из международных источников: USDA FoodData Central, EFSA, Open Food Facts, NutritionData, PubMed. В расчёте учитывались следующие компоненты: миндальная мука, кокосовая мука, псиллиум, эритритол, куриные яйца, сливки, крем-чиз и свежезаваренный кофе сорта Арабика.

Эритрит и стевия имеют нулевой гликемический индекс и не усваиваются организмом, не влияя на уровень глюкозы в крови. Основной углеводный вклад в рецептуре обеспечивают миндальная и кокосовая мука, а также незначительно — молочные компоненты.

На основании расчёта установлено, что ориентировочный гликемический индекс одной порции десерта составляет 6.8 единиц, что относит его к категории продуктов с низким гликемическим индексом. Общая масса десерта составляет ~1170 грамм, при этом содержание углеводов не превышает 36.5 г на весь торт (~3.1 г на 100 г).

Такой состав делает десерт Dolce подходящим для питания:

- при сахарном диабете (1 и 2 типа),
- при инсулинорезистентности,
- при целиакии и непереносимости глютена,
- для детей с особенностями развития (включая расстройства аутистического спектра),
- а также для людей, стремящихся снизить массу тела или придерживающихся принципов здорового питания.

Результаты и обсуждение.

- Гликемический индекс десерта (на 100 г): ~6.8
- Содержание углеводов: ~3.1 г на 100 г
- Индекс гликемической нагрузки: менее 1 ед.

Продукт подходит для диетотерапии при диабете, инсулинорезистентности, непереносимости глютена, аутизме и в рамках протоколов ЗОЖ. Использование натурального сахзаменителя (эритрита), клетчатки (псиллиума) и ореховой муки позволяет сохранить структуру и вкус традиционного десерта при минимальной гликемической нагрузке.

Кофейная пропитка на основе 100% арабики дополнительно подчёркивает премиальность продукта и вкус, а также заменяет ароматизаторы и синтетические добавки.

Выводы или заключение.

Разработка технологии десерта Dolce демонстрирует потенциал интеграции принципов нутрициологии и ресторанного дела. Создание кондитерских изделий с низкой гликемической нагрузкой возможно без потери вкусовых характеристик и эстетической подачи. Такой продукт может быть включён в меню специализированных кафе, диетических программ и индивидуальных заказов для целевой аудитории, практикующей осознанное питание.

Список литературы

1. Jenkins, D. J. A., et al. “Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange.” The American Journal of Clinical Nutrition, 1981.

2. Brand-Miller, J., Foster-Powell, K., et al. “International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008.” Diabetes Care, 2008.
3. USDA FoodData Central. https://fdc.nal.usda.gov
4. EFSA Panel on Dietetic Products. “Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre.” EFSA Journal, 2010.
5. Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., Brand-Miller, J. C. “International glycemic index database.” The American Journal of Clinical Nutrition, 2008

УДК 637.523

Р.А. Изтелиева, А.Онкалбай, К. Аманжол
Алматы технологиялык университети, Алматы, Казакстан Республикасы
Алматинский технологический университет, Алматы, Республика Казахстан

R.A. Iztelieva, A. Onkalbay, K. Amanzhol
Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
iztelieva80@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

КОЛБАСА АЗЫКТАРЫН ӨНДҮРҮҮДӨ АР ТҮРДҮҮ ЖАНЫБАРЛАРДЫН ЭТИНИН КООПСУЗДУГУН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА САПАТЫН БААЛОО

SAFETY STUDY AND QUALITY ASSESSMENT OF MEAT RAW MATERIALS OF VARIOUS TYPES OF ANIMALS DURING SAUSAGE PRODUCTION

Макалада колбаса өндүрүшүндө колдонулуучу ар кандай жаныбар тектүү эт чийки затынын коопсуздугу жана сапаты каралды. Изилдөөнүн максаты - микробиологиялык, химиялык жана технологиялык көрсөткүчтөрдү бир системага бириктирип, чийки зат партиясын баалоонун негиздүү ыкмасын көрсөтүү. Нормативдик талаптар, эл аралык гигиеналык принциптер жана тармактык маалыматтар талданды. Натыйжада чийки затты кабыл алуу, багыттоо жана тобокелдикти эрте аныктоо үчүн комплекстүү баалоо модели негизделди.

Түйүндүү сөздөр: *эт чийки заты, колбаса азыктары, микробиологиялык коопсуздук, ХАССП, нитриттер; TVB-N, суу кармоо жөндөмү.*

В статье анализируются методы оценки безопасности и качества различного мясного сырья животного происхождения, используемого при производстве колбасных изделий. Целью данной работы является определение комплексного плана оценки партии сырья на основе микробиологических, химических и технических показателей. Анализ основан на требованиях ЕАЭС, международных принципах охраны здоровья и данных профессиональных исследований. Результаты показывают, что надежность колбасного производства определяется не одним показателем, а совокупностью критериев, позволяющих своевременно выявлять риск и принимать обоснованные технологические решения.

Ключевые слова: *мясное сырье, колбасные изделия, микробиологическая безопасность, ХАССП, нитриты, TVB-N, водоудерживающая способность.*

The article examines approaches to assessing the safety and quality of raw meat from different animal species used in sausage production. The aim is to substantiate a comprehensive model for

evaluating raw material batches on the basis of microbiological, chemical and technological indicators. The analysis relies on EAEU regulatory requirements, international food hygiene principles and relevant scientific data. The findings show that the reliability of sausage production depends on the integrated control of hazards and quality parameters rather than on any single indicator.

Key words: *raw meat, sausage products, microbiological safety, HACCP, nitrites, TVB-N, water-holding capacity.*

Введение. Мясо сохраняет высокую биологическую ценность, но именно эта питательная насыщенность делает его технологически уязвимым. Высокая активность воды, большое количество азотистых соединений и многократные контакты сырья с оборудованием, поверхностями, персоналом и воздухом формируют среду, где контаминация перестает быть случайностью и превращается в постоянный риск. Международные гигиенические документы давно рассматривают мясо не просто как питательный продукт, а как один из наиболее чувствительных носителей болезней пищевого происхождения. В круге таких угроз находятся Escherichia coli O157:H7, Salmonella spp., Campylobacter spp., Yersinia enterocolitica, а рядом с ними сохраняются химические и физические опасности. При такой конфигурации рисков одного формального соблюдения норм уже недостаточно. Нужен подход, где проверяется не наличие бумаги, а реальная управляемость опасностей на всех этапах. Поэтому ХАССП в мясной отрасли рассматривается не как дополнительный элемент документации, а как рабочая логика контроля всей цепочки - от фермы до готового продукта [1].

Для Казахстана этот вопрос решается не в абстрактном поле, а в конкретной системе технического регулирования Евразийского экономического союза. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» задает не только перечень требований к безопасности, но и саму рамку, внутри которой оцениваются сырье, процессы, условия хранения, транспортировка, реализация и формы подтверждения соответствия. Важен один момент: безопасность здесь связывается не только с конечным продуктом и не только с входным контролем сырья. Регламент прямо соединяет требования к продовольственному сырью с безопасностью производственных процессов. Для мясопереработки это принципиально, потому что значительная часть рисков возникает не в одной точке, а на стыке операций - при приемке, обвалке, измельчении, смешивании, наполнении оболочек и последующем хранении [2]. У мяса и мясной продукции есть еще более жесткая нормативная привязка. Ее задает ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», принятый решением Совета ЕЭК. Здесь уже не хватает общего описания пищевой безопасности. Документ фиксирует обязательные требования именно к продуктам убоя и мясной продукции на всей таможенной территории союза, включая производство, хранение, перевозку, реализацию и утилизацию. Существенны и переходные положения, закрепленные в решении о принятии регламента. Для предприятия это не формальность. Технологические режимы, лабораторный контроль, документооборот, санитарные процедуры и спецификации сырья не перестраиваются за один день. Если синхронизации с нормативной динамикой нет, сбой возникает не на уровне текста регламента, а в реальной производственной практике [3].

В международной системе пищевой безопасности риск не сводится к функции одной лаборатории или одного контролирующего органа. Codex Alimentarius в документе CXC 1-1969 прямо исходит из другой логики: ответственность распределена по всей продовольственной цепочке. Болезни пищевого происхождения здесь рассматриваются не как редкое отклонение, а как фактор, способный одновременно бить по здоровью населения, торговле и экономике. Рост международного товарооборота, изменение пищевого поведения, расширение ассортимента готовых и полуготовых продуктов усиливают этот эффект. Базовый уровень контроля в такой системе задают нормы надлежащей гигиенической практики. Когда их недостаточно, в работу должен входить план ХАССП. И именно здесь проходит чувствительная граница: предприятие обязано управлять риском, а компетентный орган - проверять, действительно ли управление существует, а не только декларируется [4].

Масштаб проблемы особенно хорошо виден в цифрах. Всемирная организация здравоохранения оценивает ежегодное число заболеваний, связанных с небезопасной пищей, в 600 млн случаев. Число смертей достигает 420 000 в год. Из них 30% приходятся на детей младше 5 лет. Потери здоровых лет жизни оцениваются в 33 млн DALY. Эти показатели меняют саму оптику анализа. Речь уже идет не просто о технологической дисциплине и не только о ветеринарно-санитарном контроле. Безопасность пищевой продукции здесь входит в поле общественного здоровья, где цена ошибки измеряется не единичным браком партии, а системными потерями для населения [5].

Экономическая сторона выглядит не менее жестко. По оценкам Всемирного банка, страны с низким и средним уровнем дохода ежегодно теряют около 110 млрд долларов США из-за небезопасной пищи. Из этой суммы 95,2 млрд долларов приходятся на потери производительности, еще 15 млрд долларов - на медицинские расходы. Для мясной отрасли эти данные важны не как общий фон, а как практический ориентир. Чем слабее контроль сырья, инфраструктуры, персонала и санитарных процедур, тем выше цена риска для производителя, системы здравоохранения и рынка в целом. Здесь профилактика оказывается дешевле реакции, а работа с сырьем - выгоднее, чем попытка компенсировать проблему на последних стадиях выпуска [6].

Сопоставление с европейскими данными позволяет точнее увидеть, где находятся наиболее напряженные точки контроля. По данным EFSA за 2023 год, в Европейском союзе зарегистрировано 148 181 случай кампилобактериоза, 77 486 случаев сальмонеллеза, 10 217 случаев инфекций STEC, 8 738 случаев иерсиниоза и 2 952 подтвержденных инвазивных случая листериоза. За тот же год зафиксирована 5 691 пищевая вспышка. Число заболевших достигло 52 127, число госпитализаций - 2 894, смертей - 65. Это максимальный показатель летальности за последние 10 лет. Для мясной переработки особенно тревожны два обстоятельства. Первое - листериоз, который в 2023 году сопровождался госпитализацией в 96,5% зарегистрированных случаев и летальностью 19,7%. Второе - превышение уровня 100 CFU/g по L. monocytogenes в готовых к употреблению продуктах. В большинстве категорий такие отклонения оставались на нулевом уровне или ниже 1%, но для ферментированных колбас доля составила 0,78%. Небольшая цифра не должна успокаивать. Именно такие категории - ферментированные, нарезаемые, готовые к употреблению мясные продукты - часто становятся тем самым узким местом, где пересекаются риски сырья, среды и технологического режима [7].

Цель исследования. Целью данной работы является систематизация стандартов безопасности и качества мясного сырья различных видов животных, используемого в колбасном производстве, и разработка комплексной модели технической классификации партий сырья на основе степени риска и пригодности. Практический метод заключается в объединении нормативных требований, лабораторных показателей и технических решений в единое решение для контроля.

Материалы и методы. В работе использован принцип «сырье - процесс - продукт». Качество и безопасность мясного сырья в этой логике рассматриваются сразу в трех взаимосвязанных плоскостях: исходное состояние сырья конкретного вида животного, управляемость технологической цепочки и соответствие нормативным критериям приемлемости. Такой подход удобен еще и тем, что позволяет видеть не только санитарный риск, но и технологическую пригодность сырья.

Ключевая задача на этом этапе - выбрать показатели, которые действительно чувствительны к нарушению безопасности и одновременно значимы для производства колбасных изделий. Акцент смещается на те критерии, которые позволяют сопоставить исходное микробиологическое состояние сырья, условия технологической обработки и вероятность выхода продукции за пределы допустимых значений.

В качестве нормативного каркаса для оценки микробиологической приемлемости использованы положения *Commission Regulation (EC) No 2073/2005*. задает конкретные планы отбора проб по *Listeria monocytogenes* и *Salmonella*. Контроль в такой логике строится уже не

вокруг расплывчатого представления о «чистоте», а вокруг пороговых значений, схем отбора проб и четко прописанных действий при неудовлетворительном результате [8].

Таблица 1 - Нормативные ориентиры микробиологической приемлемости для мясных категорий

Категория продукта	Контролируемый фактор	Критерий приемлемости	Логика применения
Готовые к употреблению продукты для младенцев и специализированного питания	*L. monocytogenes*	Отсутствие в 25 g	Контроль в течение срока годности
Готовые к употреблению продукты, способные поддерживать рост *L. monocytogenes*	*L. monocytogenes*	100 CFU/g	Контроль в течение срока годности
Те же продукты до выхода из контроля изготовителя	*L. monocytogenes*	Отсутствие в 25 g	Подтверждение безопасности на выпуске
Мясной фарш и мясные заготовки, предназначенные для употребления в сыром виде	*Salmonella*	Отсутствие в 25 g	Контроль в течение срока годности
Мясные продукты, предназначенные для употребления без дополнительной термообработки	*Salmonella*	Отсутствие в 25 g	Подтверждение эпидемиологической приемлемости

Одна конечная проба еще не делает продукт устойчивым. Здесь как раз часто и возникает опасная иллюзия контроля. Если производственная среда неуправляема, положительный результат по одной партии ничего не гарантирует на следующем цикле. *FDA* в действующих документах по *Listeria monocytogenes* прямо указывает, что рост патогена не происходит при pH <= 4.4, aw <= 0.92 либо в замороженном состоянии. Во всех остальных случаях предприятие должно не ссылаться на «общую чистоту цеха», а подтверждать лістериостатический эффект рецептуры, санитарное зонирование, экологический мониторинг и стабильность упаковочного режима. Для колбасной технологии это особенно чувствительно: влажность среды, барьерные свойства упаковки, санитарная архитектура участка и состав рецептуры работают только в связке, по отдельности они проблему не удерживают [9].

Для оценки технологической пригодности сырья использован показатель *WHC*. В работе T. Szmańko, T. Lesiów, J. Górecka этот параметр рассматривается как один из ключевых для мясного сырья, но авторы отдельно подчеркивают другую проблему: результаты между лабораториями часто плохо сопоставимы из-за разнородных подходов к измерению. Поэтому предложенный ими аналитически более строгий вариант filter-press method имеет не просто методический, а прикладной смысл. В колбасном производстве *WHC* напрямую связан с выходом продукта, стабильностью белково-жировой эмульсии, вероятностью бульонно-жирового отека и текстурой готового изделия. Если на этой стадии ошибиться, дефект проявится уже не в лабораторном протоколе, а на линии наполнения, варки и охлаждения [10].

Свежесть сырья оценивалась через *TVB-N* как суммарный индикатор белкового распада и накопления летучих азотистых оснований. В обзоре A.E.-D.A. Bekhit и соавторов показатель рассматривается как распространенный биомаркер протеолитической деградации, однако унифицировать его для всех видов мяса авторы не предлагают. И это важное уточнение. Один и тот же уровень *TVB-N* по-разному интерпретируется для разных видов сырья, а попытка

установить один универсальный порог упрощает картину до методологической ошибки. В производственной практике разумнее использовать *TVB-N* не как абстрактную «точку отсечения», а как рабочую шкалу внутри стандарта предприятия по конкретному виду сырья, с учетом логистики, температуры хранения и длительности выдержки [11].

Химическая безопасность в колбасной отрасли по-прежнему концентрируется вокруг нитритов и нитратов. *EFSA* в материалах переоценки указывает допустимую суточную дозу нитрата на уровне 3.7 mg/kg массы тела в сутки, нитрита - 0.07 mg/kg массы тела в сутки. При этом нитрит сохраняет технологически важную функцию: он ингибирует *Clostridium botulinum*. Отсюда и возникает не самая простая коллизия. Полный отказ от нитрита выглядит привлекательно только на уровне лозунга. В реальном производстве вопрос ставится иначе: как использовать минимально достаточную дозу в сочетании с другими барьерами безопасности так, чтобы не потерять противоботулиническую защиту и не наращивать химическую нагрузку без технологической необходимости [12].

Есть и более длинная перспектива риска. *IARC* квалифицировало *processed meat* как канцерогенное для человека, а в пресс-релизе агентства отдельно указало: ежедневное потребление 50 g переработанного мяса связано с повышением риска колоректального рака на 18%. Для колбасной технологии это меняет оптику оценки качества. Уже недостаточно просто добиться приемлемой микробиологии. Приходится одновременно снижать суммарную химическую нагрузку, связанную с нитрозосоединениями, окисленными липидами и продуктами интенсивной термической обработки. Здесь технологический компромисс остается предметом спора, потому что избыточное ужесточение одной линии контроля может ухудшить другую [13].

Теоретическим ядром интерпретации данных выбрана *hurdle technology*. В классической работе L. Leistner показано, что устойчивость пищевого продукта обеспечивается не экстремальным действием одного фактора, а комбинацией нескольких барьеров - температуры, pH, aw, окислительно-восстановительного потенциала, консервантов и конкурентной микрофлоры. Для колбасного производства такой подход удобен именно своей прикладной честностью. Он не обещает универсальную цифру, которая решит все. Вместо этого безопасность проектируется через согласование свойств сырья, рецептуры, термообработки, упаковки и режима хранения. На практике это работает надежнее, хотя и требует более дисциплинированного контроля на каждой операции [14].

Результаты исследования и их обсуждение. Официальная статистика Казахстана фиксирует рост выпуска продукции по позиции «колбасы и изделия аналогичные из мяса, субпродуктов мясных или крови животных» с 55 983 тонн в 2019 году до 68 649 тонн в 2023 году. Совокупный прирост составил 22.6%, среднегодовой темп - около 5.2%. Уже сами эти цифры меняют масштаб задачи. Пока выпуск невелик, предприятие еще может компенсировать неоднородность сырья локальными технологическими решениями. Когда объемы растут на тысячи тонн, цена ошибки на входном контроле начинает быстро увеличиваться. Региональная структура 2023 года показывает еще одну важную вещь: производство выраженно концентрировано. Восточно-Казахстанская область дала 10 525 тонн, Западно-Казахстанская - 9 888 тонн, Жамбылская - 9 158 тонн, Туркестанская - 8 129 тонн, Павлодарская - 6 145 тонн. Пять лидирующих регионов обеспечили 63.9% общего выпуска. Следовательно, именно в этих точках риск-ориентированные схемы входного контроля сырья могут дать наиболее заметный санитарный и экономический эффект [15].

Таблица 2 - Производство колбас в Казахстане в 2019-2023 гг

Год	Выпуск, тонн	Изменение к предыдущему году, %
2019	55 983	-
2020	62 335	11.3
2021	63 299	1.5
2022	66 711	5.4
2023	68 649	2.9

За сухой динамикой скрывается куда более жесткая производственная реальность. Рост выпуска почти всегда сопровождается расширением пула поставщиков, удлинением логистического плеча, увеличением доли неоднородных партий и колебаниями по *WHC*, pH, *TVB-N* и исходной микробной обсемененности. В такой ситуации технологическая устойчивость начинает зависеть уже не от среднего качества сырья, а от способности предприятия быстро отсекать пограничные партии и грамотно перераспределять оставшееся сырье по продуктам с разной степенью риска. Если такой сортировки нет, компенсация обычно идет по грубому пути - за счет усиления термообработки, роста дозировок соли, влагоудерживающих систем и стабилизаторов. Сенсорный профиль продукта от этого выигрывает редко.

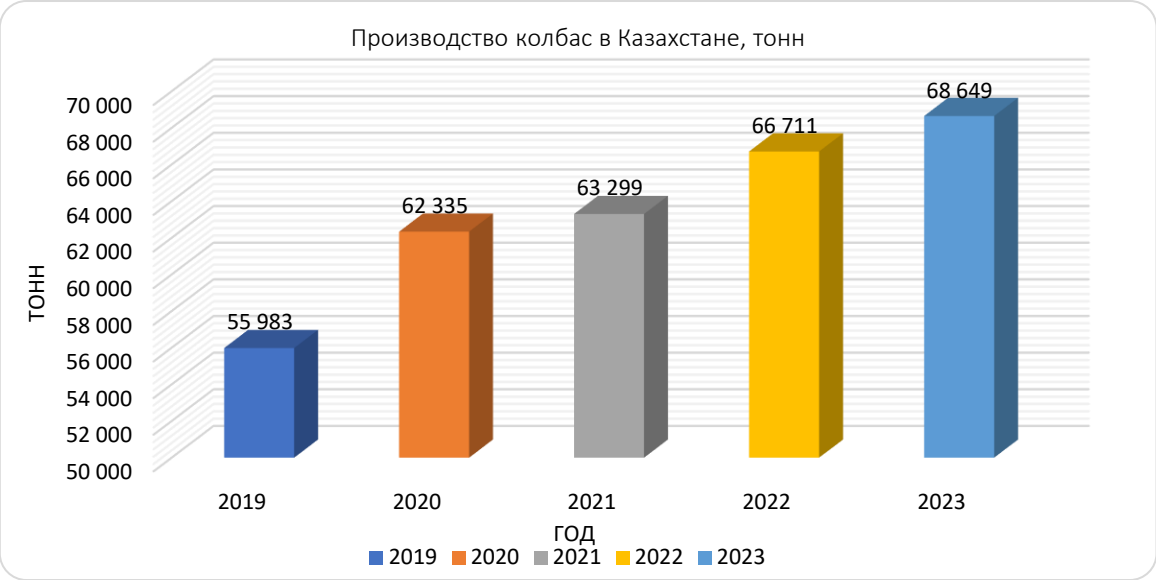


Рисунок 1 - Динамика производства колбас в Казахстане в 2019-2023 гг

Территориальная концентрация выпуска требует отдельного внимания. Когда более 60% производства собирается в пяти регионах, именно там особенно оправданы унифицированные спецификации на сырье, усиленный аудит холодовой цепи и более жесткие протоколы квалификации поставщиков. Иначе рост объемов начинает подменять качество управления. Продукт на выходе еще может оставаться приемлемым, но ресурс технологической компенсации быстро истощается.

Таблица 3 - Лидирующие регионы Казахстана по выпуску колбас в 2023 г

Регион	Выпуск, тонн	Доля в республиканском выпуске, %
Восточно-Казахстанская область	10 525	15.3
Западно-Казахстанская область	9 888	14.4
Жамбылская область	9 158	13.3
Туркестанская область	8 129	11.8
Павлодарская область	6 145	9.0
Итого по 5 регионам	43 845	63.9

Реальные эпидемиологические события показывают, насколько опасно сводить безопасность только к входному контролю сырья. В сообщении *WHO* о вспышке листериоза в Южно-Африканской Республике зафиксировано 978 лабораторно подтвержденных случаев и 183 смерти среди 674 пациентов с известным исходом. Доля новорожденных составила 42%. В 91% выделенных изолятов был идентифицирован *L. monocytogenes* ST6. Тот же ST6 обнаружили и в готовом мясном продукте *polony*, и в производственной среде изготовителя.

Практический вывод здесь предельно жесткий: даже если сырье на входе прошло стандартный контроль, риск может реализоваться позже - на этапе постпроцессной контаминации, особенно в готовых к употреблению мясных продуктах [16].

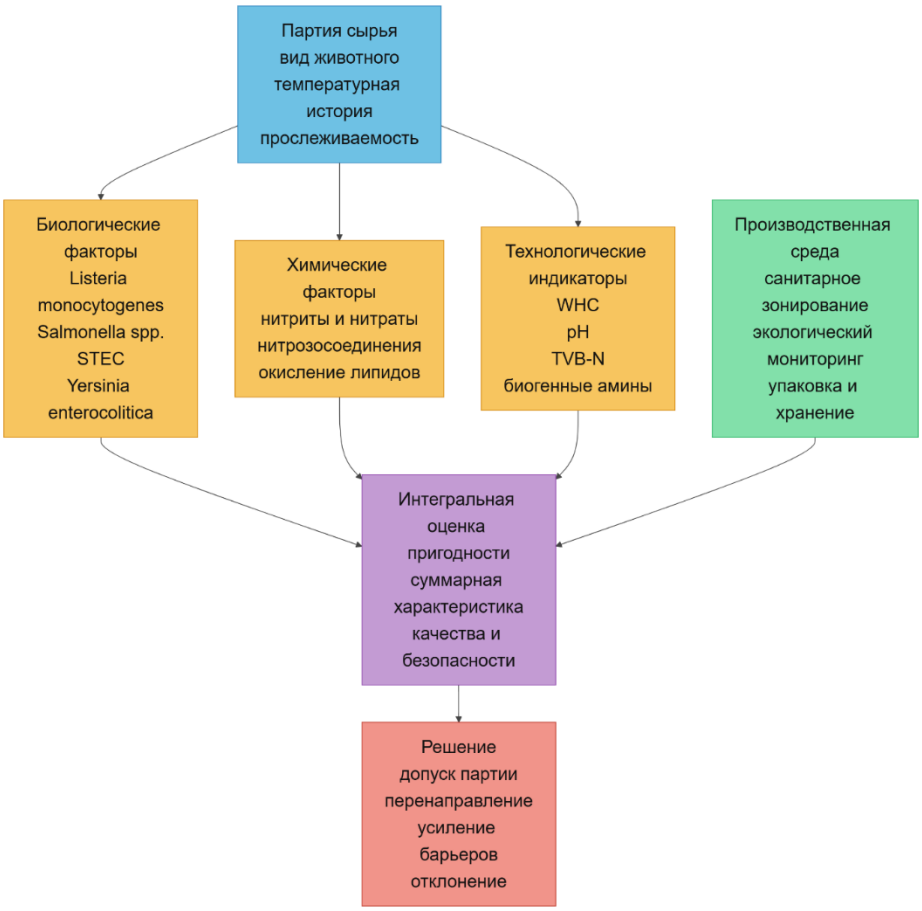


Рисунок 2 - Интегральная схема оценки пригодности мясного сырья для колбасного производства

Интегральный индекс пригодности мясного сырья может быть представлен следующим образом:

$$I_{PMS} = \sum_{i=1}^{n} (w_i \times z_i), \sum w_i = 1$$

где w_i - вес фактора в системе риска, z_i - нормированная оценка показателя по шкале от 0 до 1. Практический смысл модели сводится к одному принципу: низкая санитарная приемлемость не должна «перекрываться» хорошей влагоудерживающей способностью, внешне благополучной органолептикой или высоким выходом эмульсии. Если микробиологический блок индекса проседает, партия не должна автоматически уходить в стандартный поток. Ее либо направляют в продукт с более жесткими барьерами, либо исключают из оборота. Иначе предприятие получает не управляемый риск, а отложенную проблему, которая проявится позже - в хранении, дистрибуции или уже на стороне потребителя.

Немаловажно и другое. Микробная нестабильность в мясной продукции далеко не всегда проявляется через классические патогены, которые легко попадают в стандартный санитарный протокол. В работе M.L. Latorre-Moratalla, S. Bover-Cid, M.T. Veciana-Nogués, M.C. Vidal-Carou показано, что ферментированные колбасы относятся к значимым пищевым источникам биогенных аминов, формирующихся преимущественно вследствие микробного

декарбоксилирования аминокислот. Для практики мясопереработки здесь особенно важны тирамин, гистамин, путресцин и кадаверин. Их высокие концентрации указывают уже не на абстрактное «ухудшение качества», а на вполне конкретные гигиенические сбои, нежелательную микробную активность и слабый контроль ферментационного процесса. В такой ситуации корректно подобранные стартовые культуры становятся не вспомогательным технологическим приемом, а одним из немногих реально работающих инструментов сдерживания риска [17].

Для Казахстана этот вопрос приобретает дополнительный смысл. Национальная мясопереработка опирается не только на говядину, свинину и мясо птицы. Существенное место занимает и конина, причем не только как культурно узнаваемый продукт, но и как экономически значимый ресурс сырьевого рынка. В статье Ш.Б. Байтукеновой, А.Д. Калитовой, С.Б. Байтукеновой, У.А. Рыспаевой, С.А. Карденова показано, что конина может использоваться как основа для вареных колбас при сохранении удовлетворительных микробиологических и физико-химических характеристик, если рецептура и технологические параметры подобраны грамотно [18]. Практическая ценность этого вывода шире, чем может показаться на первый взгляд. Речь идет не просто о допустимости еще одного вида сырья. Речь идет о возможности расширять сырьевую базу без автоматического роста санитарного риска. Но такой переход работает только при одном условии: технологические свойства сырья и его гигиеническая надежность должны оцениваться вместе, а не по отдельности. В реальном производстве именно на этом месте чаще всего и возникает ошибка, когда хорошая рецептура пытается перекрыть слабый входной контроль.

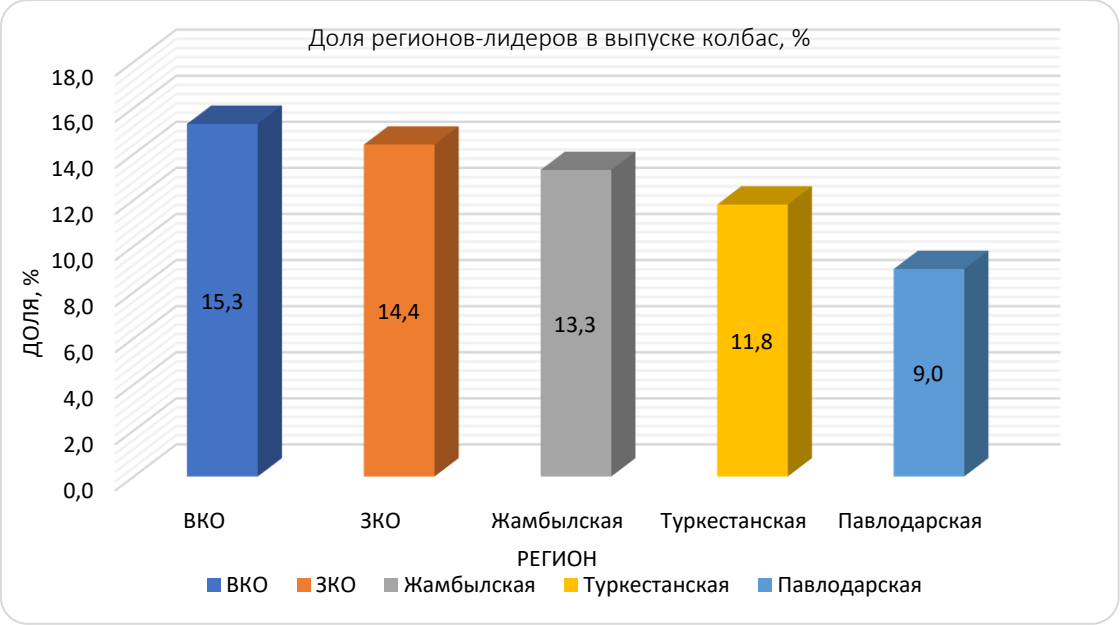


Рисунок 3 - Удельный вес пяти ведущих регионов в выпуске колбас в Казахстане в 2023 г

На современном колбасном предприятии рациональная схема контроля уже не сводится к одной лаборатории и одной точке отбора проб. Рабочая модель должна включать как минимум четыре связанных уровня: квалификацию поставщика и проверку холодильной цепи, лабораторную оценку партии по ключевым показателям риска, технологическое ранжирование сырья по типу конечного продукта и постоянный контроль производственной среды. Такая конструкция выглядит более сложной, зато она ближе к реальности. Один жесткий барьер редко удерживает ситуацию долго. Намного надежнее работает система, где риски перехватываются последовательно - при приемке, в цехе, в рецептуре, при упаковке и в процессе хранения. Именно такая архитектура контроля дает не формальную, а доказуемую устойчивость.

Выводы. В современных условиях безопасность мясного сырья для колбасного производства точнее рассматривать как управляемую систему доказательств, а не как единичный результат лабораторного анализа. Такая постановка жестче, но она ближе к реальности. Международные документы *Codex Alimentarius* давно исходят из того, что мясо исторически связано со значимыми рисками пищевых заболеваний и требует именно risk-based approach. Нормативы ЕАЭС, в свою очередь, связывают безопасность не только с самим сырьем, но и с процессом его переработки, хранения, перевозки и выпуска. Для Казахстана этот подход имеет не теоретический, а вполне прикладной смысл: выпуск колбасной продукции вырос с 55 983 тонн в 2019 году до 68 649 тонн в 2023 году, а 63.9% производства в 2023 году пришлось на пять регионов. При такой концентрации любая ошибка на входном контроле начинает быстро масштабироваться по всей цепочке.

На уровне методов наиболее надежную практическую конструкцию формируют три связки. Первая - нормативные микробиологические критерии и подтверждение стабильности готовой продукции на протяжении срока годности, особенно для *RTE meat products*, где постпроцессная контаминация остается одним из самых уязвимых мест. Вторая - совместное использование показателей технологической пригодности и свежести, прежде всего *WHC* и *TVB-N*. Они позволяют увидеть нестабильность партии раньше, чем дефект станет заметен по organoleptic profile. Третья - управление химическими факторами, прежде всего нитритами и нитратами, не в логике механического отказа, а в логике минимально достаточной дозы при сохранении барьерной функции и одновременном контроле nitrosamine risk. Здесь простых решений нет. Слишком грубое ужесточение одного параметра может ослабить другой, и этот момент до сих пор остается предметом профессиональной дискуссии. Предложенная модель интегрального индексирования пригодности партии *I_PMS* имеет прикладную ценность именно потому, что переводит разрозненные лабораторные и технологические показатели в язык управленческого решения. Партия сырья в такой логике не просто получает формальную отметку «годно» или «не годно». Она может быть допущена в стандартный поток, перенаправлена в продукт с более жесткими барьерами, потребовать усиления санитарных мер, пересмотра срока годности или быть исключена из оборота. Практический смысл этой модели связан не с самой формулой, а с тем, что она повышает воспроизводимость качества в условиях расширения supplier chain и снижает вероятность критических событий, характерных для *RTE meat products*, где ошибка в сырье или в производственной среде слишком быстро превращается в риск для потребителя, особенно для уязвимых групп населения.

Список литературы

1. FAO, WHO. Code of Hygienic Practice for Meat - CAC/RCP 58-2005. 2nd ed. Rome, 2009. https://www.fao.org/input/download/standards/10196/CXP_058e.pdf
2. Евразийская экономическая комиссия. О безопасности пищевой продукции (ТР ТС 021/2011). https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php
3. Евразийская экономическая комиссия. О безопасности мяса и мясной продукции (ТР ТС 034/2013). https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/tr-ts-034.php
4. Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene - CXC 1-1969. Rome, 2023. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/it/?lnk=1&url=https%3A%2F%2Fworkspace.fao.org%2Fsites%2Fcodex%2FStandards%2FCXC+1-1969%2FCXC_001e.pdf
5. Всемирная организация здравоохранения. Estimating the burden of foodborne diseases. https://www.who.int/activities/estimating-the-burden-of-foodborne-diseases/estimating-the-burden-of-foodborne-diseases
6. World Bank. Food-borne Illnesses Cost US$ 110 Billion Per Year in Low- and Middle-Income Countries. 2018. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/10/23/food-borne-illnesses-cost-us-110-billion-per-year-in-low-and-middle-income-countries

7. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control. The European Union One Health 2023 Zoonoses Report // EFSA Journal. 2024. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106. https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/9106

8. European Commission. Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Consolidated text. https://www.legislation.gov.uk/eur/2005/2073/pdfs/eur_20052073_2018-01-01_en.pdf

9. U.S. Food and Drug Administration. CPG Sec. 555.320 Listeria monocytogenes. https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/cpg-sec-555320-listeria-monocytogenes

10. Szmańko T., Lesiów T., Górecka J. The water-holding capacity of meat: A reference analytical method // Food Chemistry. 2021. Vol. 357. Article 129727. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33964628/

11. Bekhit A.E.-D.A., Holman B.W.B., Giteru S.G., Hopkins D.L. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review // Trends in Food Science and Technology. 2021. Vol. 109. P. 280-302. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422442100011X

12. European Food Safety Authority. EFSA explains risk assessment: nitrites and nitrates added to food. 2017. https://www.efsa.europa.eu/en/corporate/pub/nitritesandnitrates170614

13. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Press Release No. 240. 2015. https://www.iarc.who.int/pressrelease/iarc-monographs-evaluate-consumption-of-red-meat-and-processed-meat/

14. Leistner L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology // International Journal of Food Microbiology. 2000. Vol. 55. No. 1-3. P. 181-186. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160500001616

15. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Промышленность Республики Казахстан, 2019-2023: статистический сборник. Астана, 2024. https://stat.gov.kz/upload/iblock/32c/6h023yqk71xl42tdzevu2s2h3clyk10w/%D0%A1-05-%D0%93%20%28%D1%80%D1%83%D1%81%29.pdf

16. Всемирная организация здравоохранения. Listeriosis - South Africa. Disease Outbreak News. 2018. https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/28-march-2018-listeriosis-south-africa-en

17. Latorre-Moratalla M.L., Bover-Cid S., Veciana-Nogués M.T., Vidal-Carou M.C. Control of biogenic amines in fermented sausages: role of starter cultures // Frontiers in Microbiology. 2012. Vol. 3. Article 169. https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2012.00169/full

18. Байтукенова Ш.Б., Калитова А.Д., Байтукенова С.Б., Рыспаева У.А., Карденов С.А. Разработка технологии вареной колбасы на основе мяса конины // Вестник КазУТБ. 2024.. https://vestnik.kaztbu.edu.kz/index.php/kazutb/article/download/642/498

УДК 621.3:085.343

С.Б. Абдралиев, Д.Б. Джанибеков, А.А. Самсалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.B. Abdraliev, D.B. Dzhanibekov, A.A. Samsaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНЕТРОННОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД

ЛАЗЕРДИК ОРНОТМОНУ ТҮЗҮҮ ЖАНА СУЮК ЧӨЙРӨНҮ ЗЫЯНСЫЗДАНДЫРУУДА МАГНЕТРОН ЭНЕРГИЯСЫН КОЛДОНУУ

USING MAGNETRON ENERGY TO CREATE A LASER INSTALLATION AND DISINFECT LIQUID MEDIA

Макалада магнитронду лазер системасын соруп берүү булагы катары колдонуу жана суюк чөйрөнү дезинфекциялоо үчүн микротолкундуу плазманы колдонуу мүмкүнчүлүгү талкууланат. Микротолкундуу нурлануунун активдүү чөйрө менен өз ара аракеттенүүсүнүн физикалык принциптерин талдоо жүргүзүлөт, мүмкүн болгон ишке ашыруу схемалары, ошондой эле бул ыкманын артыкчылыктары жана чектөөлөрү каралат. Магнетрон насосу газ жана плазма лазер системаларында белгилүү шарттарда натыйжалуу болушу мүмкүн экени далилденген.

Түйүндүү сөздөр: *лазер, магнетрон, микротолкундуу насос, плазма, активдүү чөйрө, тескери популяция.*

В работе рассматривается возможность использования магнетрона в качестве источника накачки лазерной установки и использования СВЧ плазменного воздействия для обеззараживания жидких сред. Проведён анализ физических принципов взаимодействия микроволнового излучения с активной средой, рассмотрены возможные схемы реализации, а также преимущества и ограничения данного подхода. Показано, что магнетронная накачка может быть эффективной в газовых и плазменных лазерных системах при определённых условиях.

Ключевые слова: *лазер, магнетрон, микроволновая накачка, плазма, активная среда, инверсная заселённость.*

The paper discusses the possibility of using a magnetron as a source of pumping a laser system and using microwave plasma for disinfection of liquid media. The analysis of the physical principles of the interaction of microwave radiation with the active medium is carried out, possible implementation schemes, as well as the advantages and limitations of this approach are considered. It has been shown that magnetron pumping can be effective in gas and plasma laser systems under certain conditions.

Key words: *laser, magnetron, microwave pumping, plasma, active medium, inverse population.*

Введение. Лазерные технологии занимают ключевое место в современной науке и технике. Они применяются в промышленности, медицине, телекоммуникациях и военной сфере. Основным элементом любой лазерной системы является источник накачки, обеспечивающий создание инверсной заселённости в активной среде.

Традиционно используются:
-оптическая накачка,
-электрический разряд,
-полупроводниковые диоды.

Однако поиск альтернативных методов накачки остаётся актуальной задачей. Одним из перспективных направлений является использование микроволнового излучения, генерируемого магнетроном

Теоретические основы

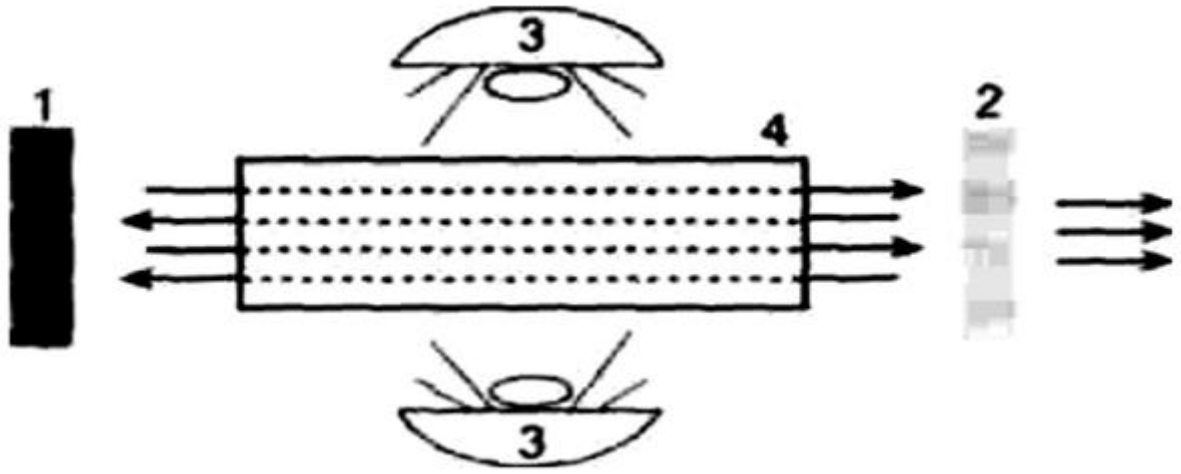


Рисунок 1 - Принципиальная схема лазера:1 – непрозрачное зеркало-резонатор; 2- полупрозрачное зеркало; 3 – лампы накачки; 4- активный элмент.

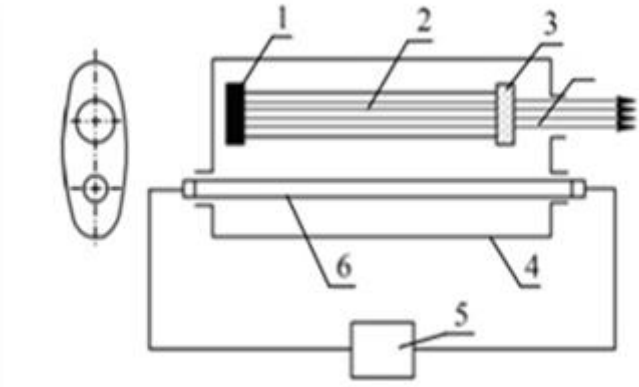


Рисунок 2 - Принципиальная схема лазера с оптической накачкой: 1 – «глухое» зеркало; 2 – активный элемент; 3 – полупрозрачное зеркало; 4 – кожух- отражатель; 5 – источник питания; 6 – источник света.

Принцип работы лазера.

Работа лазера основана на явлении вынужденного излучения. Для генерации лазерного излучения необходимо выполнение трёх условий:

- наличие активной среды;
- создание инверсной заселённости уровней энергии в активной среде;
- наличие оптического резонатора для обратной связи.

Инверсная заселённость означает, что число частиц в возбуждённом состоянии превышает число частиц в основном состоянии, что и достигается воздействием внешнего источника.

Условие инверсии: E2 > E1.

Принцип работы магнетрона.

Магнетрон представляет собой вакуумный электронный прибор, генерирующий электромагнитные волны в микроволновом диапазоне.

Его работа основана на:

-движении электронов в электрическом поле,
-воздействии поперечного магнитного поля,
-формировании электронных «спиц»,
-генерации СВЧ-излучения в резонаторной системе.

Типичные частоты: 1–10 ГГц

Мощность: от сотен ватт до мегаватт (в импульсном режиме).

Рисунок 3 - Упрощенная схема работы магнетрона.

Принцип магнетронной накачки.

Магнетрон используется как источник электромагнитной энергии, которая передаётся в активную среду лазера.

Процесс включает:

1. Генерацию микроволнового излучения
2. Ввод энергии в рабочую камеру
3. Взаимодействие поля с веществом
4. Возбуждение атомов/молекул
5. Формирование инверсной заселённости с достаточным коэффициентом усиления:

$$g = \sigma (N2 - N1)$$

Взаимодействие микроволн с активной средой.

Газовая среда

Микроволны вызывают:

-ионизацию газа
-образование плазмы
-возбуждение молекул

Особенно эффективно для:
CO2-лазеров
аргоновых лазеров
Плазменная среда
Магнетрон может:
- создавать плазму
- поддерживать её устойчивость
- обеспечивать равномерное возбуждение
Плазма становится активной средой для генерации излучения.
Электронные пучки
Микроволновое поле может:
- ускорять электроны
- формировать направленные потоки
- участвовать в генерации излучения

Конструктивные схемы установки.

Возможная схема включает:
- волновод
- рабочую камеру с активной средой
- систему охлаждения
- оптический резонатор

Ключевая задача — эффективная передача энергии от магнетрона к среде.

Преимущества магнетронной накачки.
- высокая мощность
- доступность и дешевизна магнетронов
- возможность непрерывной работы
- высокая эффективность преобразования энергии
- отсутствие сложной оптики накачки

Недостатки и ограничения.
- сложность точного управления частотой
- неравномерность распределения энергии
- значительные тепловые потери
- необходимость экранирования
- трудности согласования с резонатором

Современные исследования.

Микроволновая накачка изучается в областях:
- газоразрядных лазеров
- плазменных источников
- высокоэнергетических систем

Однако промышленного применения пока мало из-за:
- конкуренции с диодной накачкой
- сложности реализации

Перспективы развития

Перспективные направления:
- повышение КПД
- разработка новых активных сред
- компактные установки
- применение в энергетике и обороне.

Заключение. Магнетронная система накачки представляет собой перспективный, но сложный метод возбуждения лазерной среды. Несмотря на технические трудности, она может найти применение в специализированных высокомощных лазерных системах.

Список литературы

1. Басс М. Лазеры и их применение
2. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме
3. Сигман А. Лазеры
4. IEEE Xplore — статьи по микроволновой плазме
5. ScienceDirect — исследования по СВЧ-накачке

УДК 625.7/.8.05

М.Ч. Апсеметов, А.А. Приходько, С.А. Абдулдаев,
Т.А. Айтбеков, Ш. Талайбек уулу, Э.Э. Иманбеков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

M. Ch. Apsemetov, A.A. Prikhodko, S. A. Abduldaev, T.A. Aitbekov,
Sh. Talaibek uulu, E.E. Imanbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
sanjar.abduldaev@kstu.kg

РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПО ОТПЕЧАТКАМ КОЛЁС ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ HOWO НА ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ

ЖОЛ БЕТИНДЕГИ HOWO ЖҮК ТАШУУЧУ УНААЛАРДЫН ДӨҢГӨЛӨКТӨРҮНҮН ИЗДЕРИНИН НЕГИЗИНДЕ ЖОЛ КАПТАМЫНЫН ЖАБУУСУН ЭСЕПТӨӨ

CALCULATION OF ROAD PAVEMENT BASED ON WHEEL PRINTS OF HOWO TRUCK VEHICLES ON THE ROAD SURFACE

Бул макалада жүк ташуучу унаалардын жүгүнөн улам жол жабуусунун тез бузулушунун себептери жана чечүү жолдору, ошондой эле дөңгөлөктөрдүн басымынын тротуарга тийгизген таасири каралат. Жалпы пайдалануудагы жолдордогу эксперимент көрсөтүлдү. Жолдун төшөлмөсүн эсептөө Credo Radon 4.2. программасы менен эсептөө мисалы катары каралган.

Түйүндүү сөздөр: *жол, унаа, динамикалык жүк, дөңгөлөк, жол кийими, жол жабуусу, басым, температура, жол кийиминин негиздери.*

В статье рассматривают причины ускоренного разрушения дорожного покрытия нагрузкой грузовых автомобилей и пути решения, влияние давление в шинах на дорожное покрытие. На примере на дорогах общего пользования рассмотрен эксперимент. Произведены расчеты дорожной одежды в программе Кредо Радон 4.2.

Ключевые слова: *дорога, автомобиль, динамическая нагрузка, колесо, дорожная одежда, дорожное покрытие, давление, температура.*

This article examines the causes and solutions for accelerated road pavement deterioration caused by truck loads, as well as the impact of tire pressure on the pavement. An experiment on public roads is presented. Road pavement calculations were performed using Credo Radon 4.2.

Key words: *road, car, dynamic load, wheel, road clothing, road surface, pressure, temperature.*

Введение. Данная статья посвящена расчету дорожной одежды на большегрузные автомобили HOWO китайского производства. Причины возникновения повреждений дорожной одежды разнообразны, к ним относятся климатические факторы, в частности, резкие перепады температуры окружающей среды, а также качество материалов, применимые при строительстве дорожной одежды, одной из наиболее существенных причин являются воздействие повышенных автомобильных грузовых нагрузок, возникающих при движении тяжелых грузовых автомобилей.

Цель исследования. По статистике Национального статистического комитета КР, опубликованного в 25 октября 2025 года статистику за 2024 год в КР автомобильным транспортом перевезено более 54 млн. тонн. грузов, 60 % (32,4 млн. тонн. грузов) осуществляются отдельными предпринимателями (физические лицами). Наибольший объем перевозок грузов в 2024 году пришелся на транспорт хозяйствующих субъектов города Бишкек, Таласской и Чуйской областей.

Перевозка грузов автомобильным транспортом по территории в 2024 году в городе Бишкек 30% (9,72 млн. тонн. грузов.) [1].

В качестве объекта исследования выбраны дорожное покрытие и грузовой автомобиль Howo. Основные технические характеристики автомобиля Howo следующие: собственная масса — 15 тонн, объём кузова — 20 м³. Однако фактическая масса перевозимого груза с автомобилем Howo в ряде случаев, достигает 40–50 тонн, при допустимом значении для трёхосных транспортных средств в Кыргызской Республике — 25 тонн.

Следует отметить, что даже заводские технические характеристики автомобиля HOWO (модель ZZ3257N3847A) указывают на параметры, превышающие допустимые для эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования Кыргызской Республики [2]:

- грузоподъёмность — 25 000 кг;
- снаряжённая масса — 16 360 кг;
- полная масса — 41 360 кг.

Прочностные характеристики асфальтобетонного дорожного покрытия существенно зависят от температуры окружающей среды. В соответствии с действующим в Кыргызской Республике нормативным документом ОДН 218.046-01, температурный фактор оказывает значительное влияние на эксплуатационные свойства асфальтобетона [3].

Горячий плотный асфальтобетон характеризуется высокой плотностью ($\rho = 2400$ кг/м³) и значительной теплопроводностью ($\lambda = 1{,}40$ Вт/(м·К)), вследствие чего он обладает способностью быстро нагреваться под воздействием солнечных лучей в дневное время и интенсивно охлаждаться в ночные часы.

Суточные температурные колебания, а также неравномерность процессов нагрева и охлаждения отдельных слоёв дорожной одежды вызывают возникновение внутренних напряжений, что в дальнейшем приводит к деформациям и разрушению покрытия.

Кратковременный модуль упругости Е, МПа, асфальтобетона существенно зависит от температуры. Плотный и высокоплотный асфальтобетон на битуме марки БНД 60/90 характеризуется снижением прочностных свойств при повышении температуры.

Дополнительным фактором, усиливающим нагрев дорожного покрытия, является тёмный (чёрный) цвет асфальтобетона, способствующий интенсивному поглощению солнечных лучей, а также сокрушение зелёных насаждений в городе Бишкек, что уменьшает затенение и усиливает прогрев покрытия.

В результате повышения температуры происходит значительное снижение модуля упругости, что свидетельствует об уменьшении прочности и, соответственно, устойчивости покрытия к нагрузкам от движущегося транспорта ниже приведены значения модуля деформации при различных температурах, а также их относительное изменение:

- при +10 °С — 3200 МПа (100% прочность);
- при +20 °С — 1800 МПа (56% прочность снижается на 44%);
- при +30 °С — 1100 МПа (34% прочность снижается на 66%);
- при +40 °С — 650 МПа (20% прочность снижается на 80%);

- при +50 °С — 460 МПа (14% прочность снижается на 86%).

Представленные данные наглядно демонстрируют резкое снижение прочностных характеристик асфальтобетона с ростом температуры, что является одной из ключевых причин ускоренного разрушения дорожных покрытий.

В летний период температура дорожного покрытия может превышать +50 °С [3], что оказывает существенное влияние на его прочностные характеристики и долговечность.
Расчётный срок службы дорожной одежды определяется рядом факторов, включая категорию автомобильной дороги (от V до I), тип дорожной одежды (капитальная или облегчённая), а также дорожно-климатическую зону (I–V). В зависимости от указанных параметров он может варьироваться в пределах от 3 до 20 лет [3].

При проектировании дорожной одежды выполняется комплекс расчётных проверок, основными из которых являются:

1. проверка по упругому прогибу;
2. проверка на растяжение при изгибе (усталостная прочность);
3. проверка устойчивости к сдвигу в слоях из сыпучих материалов;
4. проверка на морозоустойчивость [3, 4].

Несоблюдение хотя бы одного из указанных условий приводит к существенному сокращению срока службы конструкции. Следует отметить, что результаты расчёта дорожной одежды зависят от большого количества коэффициентов, и ошибки в их определении либо игнорирование отдельных факторов могут значительно исказить итоговые результаты.

Дополнительное влияние на формирование деформаций оказывает ровность покрытия. На участках с неровностями возникают повышенные динамические нагрузки от транспортных средств. Аналогичная ситуация наблюдается на подходах к перекрёсткам, где гружёные автомобили снижают скорость, создавая дополнительные горизонтальные силы в дорожной конструкции, приводящие к сдвигу конструктивных слоев дорожной одежды.

Материал и методы исследования. Подобные явления характерны и для города Бишкек. В качестве примера можно привести перекрёсток улиц Абая и Ахунбаева, где даже после проведения ремонтных работ вновь наблюдается образование деформаций в виде волнообразных неровностей. Это связано, в том числе, с интенсивным движением тяжёлых грузовых автомобилей, обусловленным строительством многоэтажных зданий в данном районе, причем осевые нагрузки груженных автомобилей превышает допустимых значений [3, 4].

Эксплуатация транспортных средств осуществляется в различных сезонных условиях, при этом температура окружающей среды оказывает существенное влияние на давление воздуха в шинах в зимний период автомобильные шины работают в специфических условиях, что приводит к различным подходам со стороны водителей. Часть автовладельцев считает целесообразным повышать давление в шинах на 0,1–0,3 атм относительно значений, рекомендованных производителем, тогда как другие, напротив, предпочитают его снижать. Однако нормативные значения давления в шинах должны оставаться одинаковыми независимо от времени года.

Изменение давления в шинах в зимний период объясняется воздействием низких температур. При понижении температуры окружающей среды происходит снижение давления воздуха внутри шины, тогда как в летний период при повышении температуры наблюдается обратный эффект — увеличение давления. Кроме того, эксплуатационные условия, включая состояние дорожного покрытия и плотность воздуха, также влияют на поведение шин и выбор режима движения водителем.

В Международной системе единиц (СИ) давление измеряется в паскалях (Па), однако в автомобильной практике данная единица применяется редко. В зависимости от страны-производителя используются различные единицы измерения:

- американские производители указывают давление в psi (фунты на квадратный дюйм);
- японские и европейские компании применяют бар;

- в странах СНГ широко используется условная единица «атмосфера», хотя она, как правило, не отображается на измерительных приборах.

При этом 1 бар соответствует 100 000 Па и приблизительно равен 1 атмосфере, что упрощает интерпретацию рекомендаций производителей. Для перевода американских единиц используется соотношение: 1 psi = 1 бар / 14,5.

Манометры, применяемые для измерения давления в шинах, подразделяются на электронные и механические. Они используются для контроля параметров давления в колёсах различных транспортных средств, включая автомобили, мототехнику и велосипеды. Следует учитывать, что любые измерительные приборы обладают определённой, хотя и незначительной, погрешностью (рис. 1).

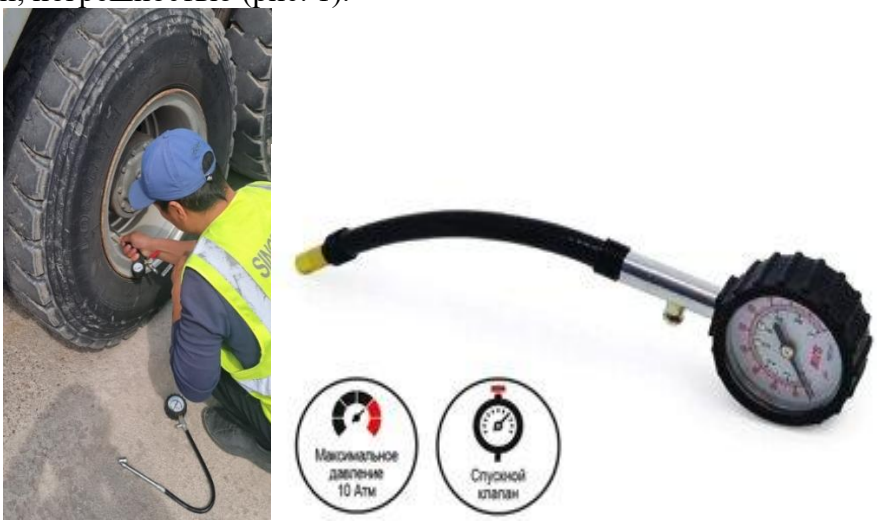


Рисунок 1 - Экспериментальное наблюдение за давлением шин грузовых автомобилей, которое используют водители на своих авто

Строение грузовых шин базируется на общей многослойной структуре, но карьерные и городские модели имеют принципиальные различия в составе резиновой смеси и усилении каркаса из-за разных условий эксплуатации.

Общие элементы конструкции

Любая грузовая покрышка состоит из пяти основных частей:

Протектор: внешний слой с рисунком, отвечающий за сцепление.

Брекер: слои стального корда между протектором и каркасом, защищающие от ударов.

Каркас (Корд): силовая основа из металлической проволоки или полимеров, удерживающая давление.

Боковина: слой резины, защищающий каркас от боковых повреждений и влаги.

Борт: жесткая часть с проволочным кольцом для фиксации шины на ободе.

Карьерные шины (OTR — Off-The-Road)

Предназначены для самосвалов и спецтехники, работающей на скальном грунте и в разрезах.

Усиленный каркас: используется сверхпрочный металлокорд с большим количеством слоев брекера для защиты от проколов камнями.

Состав резины: содержит специальные присадки, предотвращающие «выкрашивание» кусков протектора и порезы о камни.

Рисунок протектора: массивные грунтозацепы («скальный» тип) с глубокими канавками для самоочистки.

Теплостойкость: рассчитаны на работу при низких скоростях, но под огромными нагрузками, чтобы избежать перегрева внутренних слоев.

Городские шины (Urban)

Разработаны для автобусов и коммунальной техники с частыми остановками и маневрированием.

Усиленные боковины: имеют специальные индикаторы износа и дополнительные защитные пояса, так как шины часто трутся о бордюры.

Оптимизация шума: протектор имеет сложный рисунок для снижения гула на асфальте.

Термостойкость при торможении: состав смеси адаптирован к постоянным циклам «разгон-торможение», которые сильно нагревают шину.

Топливная экономичность: низкое сопротивление качению для снижения расхода топлива в городском цикле.

Ключевой момент: Карьерные шины фокусируются на выносливости и защите от проколов, в то время как городские — на защите боковин от притирок и акустическом комфорте. На рис 2 показана конструкция шин грузовых автомобилей.

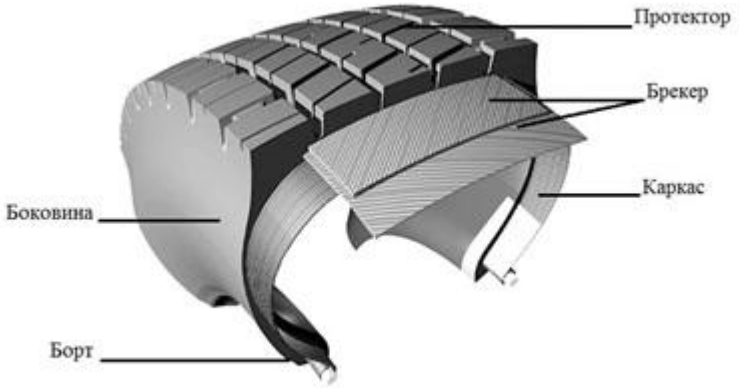


Рисунок 2 - Строение покрышек грузовых автомобилей

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе проведённого эксперимента были получены следующие результаты: при нормативном давлении в диапазоне 7,5–8 бар фактические значения, устанавливаемые водителями, достигают 11,5 бар. Это свидетельствует о систематическом превышении рекомендуемых параметров.

Перекачивание шин приводит к уменьшению площади контакта колеса с дорожным покрытием, вследствие чего возрастает удельное давление на покрытие. В результате увеличивается напряжение, передаваемая на дорожную одежду, что способствует ускоренному износу и разрушению покрытия.

Рисунок 3 - Показан эксперимент для определения отпечаток шин автомобиля HOWO на дорожное покрытие

При определении площади соприкосновения колесо автомобилей HOWO с дорожным покрытием использованы планшеты с миллиметровками. Далее был выполнен расчёт дорожной одежды под воздействием нагрузок от автомобилей Howo, в результате которого выявлена определённая закономерность в зависимости от типа дорожного покрытия, широко применяемого в Кыргызской Республике [4].

Как показывают результаты, представленные на рисунках, конструкция дорожной одежды не удовлетворяет ни одному из расчётных критериев при воздействии нагрузок от автомобилей Howo, даже при наличии в рабочем слое насыпи грунта с высокими значениями модуля упругости (например, гравийного) (рис. 4 и рис. 5).

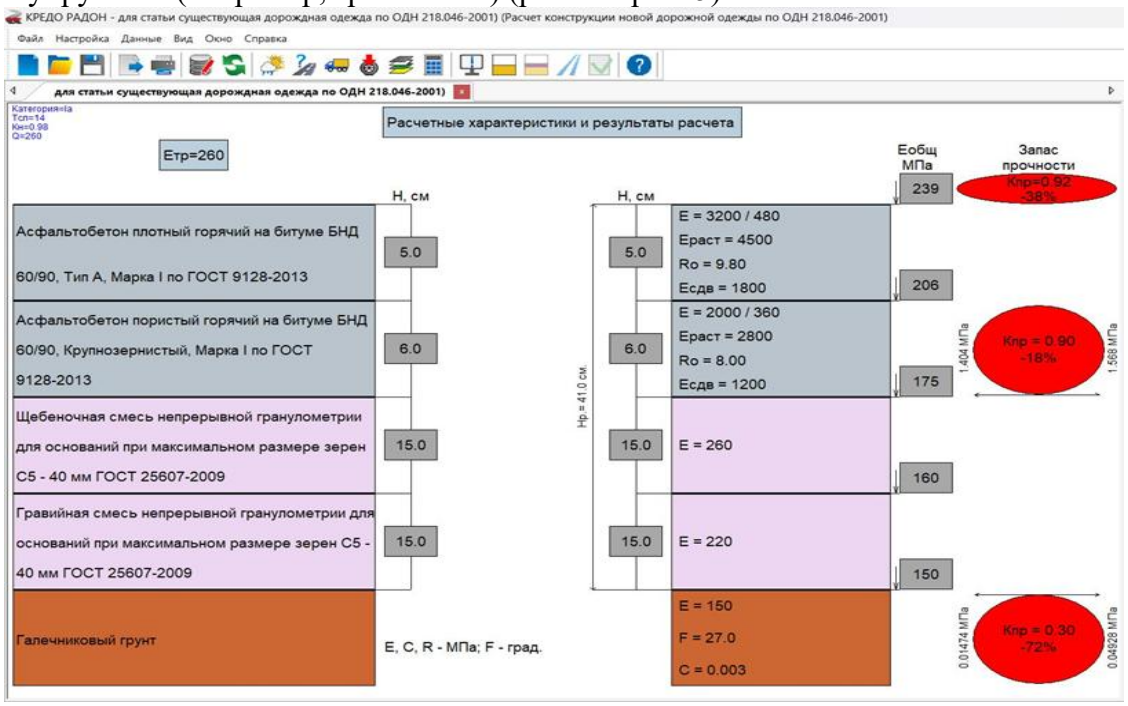


Рисунок 4 - Расчет дорожной одежды нежесткого типа в программе Кредо Радон с покрытием из плотного асфальтобетона на битуме БНД 60/90

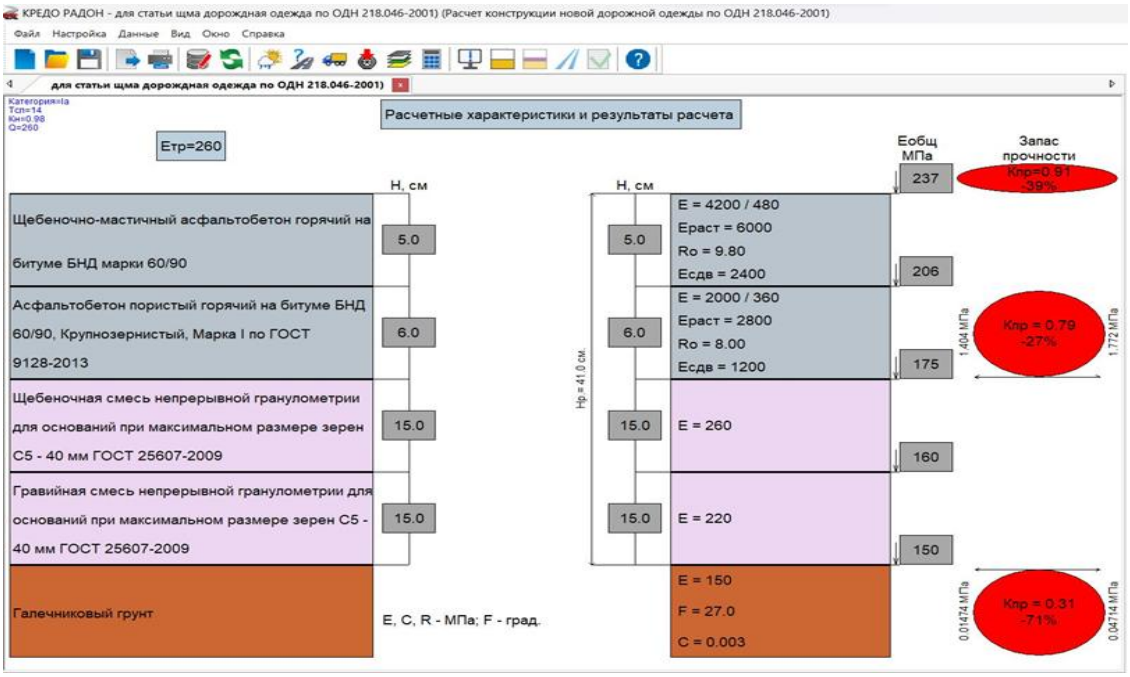


Рисунок 5 - Расчет дорожной одежды нежесткого типа в программе Кредо Радон с покрытием из плотного асфальтобетона на щебеночно-мастичном асфальтобетоне

Ситуация дополнительно осложняется тем, что водители нередко эксплуатируют транспортные средства с завышенным давлением в шинах. Это приводит к уменьшению площади контакта колеса с дорожным покрытием и, как следствие, к увеличению удельного давления на единицу площади.

Следует отметить, что в программном комплексе «Кредо Радон» увеличение нагрузки на ось сопровождается пропорциональным увеличением площади контакта колеса с покрытием, что соответствует теоретическим представлениям. Однако результаты проведённого эксперимента по измерению давления в шинах и площади отпечатка колеса показали, что в реальных условиях наблюдается иная картина, из-за перекачанных шин площадь контакта уменьшается, а это приводит к увеличению давления на покрытие дорожной одежды.

Таким образом, фактические условия эксплуатации, характеризующиеся повышенным давлением в шинах и сниженной площадью контакта, не учитываются в расчётной модели программы, что может приводить к недооценке реальных нагрузок на дорожную одежду.

Заключение.

1. При исследовании было выяснено, что путем эксперимента нынешний тип дорожного покрытия не пригоден для грузовых автомобиле HOWO с превышенной массой груза 30т,35т,40т при расчете в программе «Кредо Радон»
2. Пересмотреть и обновить СНиП КР32;2004 Строительные нормы и правила Кыргызской Республики по проектированию автомобильных дорог для увеличения нормативных осевых нагрузок, как в соседних странах, например Россия, Казахстан, Узбекистан и. д. р.
3. Следует отметить строительные нормы (СНиПы) дополняются и обновляются через каждые 5 лет, когда в нашей Республике СНиП КР32;2004 Строительные нормы и правила Кыргызской Республики проектированию автомобильных дорог уже более 20 лет не обновляется.

Список литературы

1. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики
Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство: цифры и факты
https://stat.gov.kg/ru/news/avtomobilnyj-transport2025-i-dorozhnoe-hozyajstvo-cifry-i-fakty/
2. Характеристики самосвала HOWO, модель ZZ3257N3847A
https://ege.kz/samosvaly/howo/ZZ3257N3847A
3. ОДН 218.046-01 Проектирование нежёстких дорожных одежд — М., 2001 г.
4. СНиП КР32 2004 Проектирование автомобильных дорог.
5. Б.Б. Каримов, Ж.К. Калилов, С.К. Кожобергенов. Горные дороги Кыргызстана. Интрансдорнаука 2012г.
6. Апсеметов М.Ч., Приходько А.А., Тонуева Г. И., Ташбаева А.А. Экспериментальное определение влияния большегрузных автомобилей на дорожное покрытие автомобильных дорог Кыргызской Республики: // Вестник КГУСТА. Вып. 1 (75). – Бишкек: КГУСТА, 2022. – С. 6 - 15.
7. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1: Учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. И доп.-М.: Транспорт, 1987. – 368с.
8. Апсеметов М.Ч., Солтобаев Т.О., Приходько А.А., Омурбек уулу Р. Анализ конструкций дорожных одежд участка автомобильной дороги Бишкек – Нарын – Торугарт (147 – 172 км) :// Вестник КГУСТА. Вып. 4 (50). – Бишкек: КГУСТА, 2015. – С. 41 - 47.

УДК 622.7

А.Ж. Жаныбаева, Н.А. Раджапова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

A. Zh. Zhanybaeva, N.A. Radzhapova
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
200230ai@ gmail.com, radzhapova.52@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ ОБОРУДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛДАРДЫ МЕХАНИКАЛЫК МАЙДАЛОО ЖАНА КОЛДОНУЛГАН ЖАБДУУЛАРДЫН ТҮРЛӨРҮ

MECHANICAL GRINDING OF MATERIALS AND USED TYPES OF EQUIPMENT

Бул макалада ар кандай материалдарды майдалоо жана майдалоо түрлөрү, ошондой эле колдонулган жабдуулардын, мисалы, майдалагычтардын жана тегирмендердин түрлөрү жана конструкциялары каралат. Майдалоо процессинин жалпы обзору келтирилген.

Түйүндүү сөздөр: *майдалагыч, майдалагычтардын түрлөрү: жаак, конус, ролик, айланма, балка, тегирмен, майдалоо, майдалоо, майдалоо, фрезерлөө, фракция, майда бөлүкчөлөр, майдалоо катышы, майдалоо натыйжалуулугу.*

В данной статье рассматриваются виды дробления и измельчения различных материалов, а также виды и устройство применяемого оборудования, как дробилки и мельницы. Представлена общая характеристика процессов измельчения.

Ключевые слова: *дробилка, виды дробилок: щековая, конусная, валковая, роторная, молотковая, мельница, дробление, измельчение, помол, фракция, мелкодисперсный, степень дробления, эффективность дробления.*

This article examines the types of crushing and grinding of various materials, as well as the types and design of equipment used, such as crushers and mills. A general overview of the grinding process is presented.

Key words: *crusher, types of crushers: jaw, cone, roller, rotary, hammer, mill, crushing, grinding, milling, fraction, fines, crushing ratio, crushing efficiency.*

Во всем мире измельчение различных материалов (сырья) имеет широкий спектр применения. Практически во всех отраслях сфер деятельности человека задействованы различные формы измельчения сырья или конечного продукта. В горнорудной промышленности измельчение руды является ключевым фактором для максимально рентабельного извлечения полезных ископаемых. В химической промышленности измельчение сырья является важнейшим условием для полноценного течения реакции. При производстве строительных материалов измельчают все компоненты для получения качественного конечного продукта. Фармацевтика также измельчает все ингредиенты для производства лекарственных препаратов. Сельское хозяйство не является исключением, большинство кормов измельчают для лучшей усваиваемой животными. Пищевая отрасль также широко использует различные виды измельчения.

Дробилка - один из основных видов горной техники, используемый в процессе переработки рудных материалов и добываемых пород – щебня, доломита, известняка, гранита, гипса и мн. др. Принцип работы механизма зависит от вида дробилки. Общим принципом для всей техники является механическое измельчение крупных фракций материала на более мелкие.

На современных предприятиях используются мобильные и стационарные дробилки, причём мобильные всё больше вытесняют стационарные за счёт своих технических преимуществ – мобильности, универсальности, возможности установки на любом виде рабочей площадки, высокого КПД.

Существует множество различных видов дробильных устройств: щёковые (размельчение за счёт сжатия фракции между щеками); конусные (размельчение сжатием фракции между эксцентрично расположенными коническими поверхностями); валковые (размельчение реализуется сжатием фракции между вращающимися валами или валом и неподвижной плитой); роторные, центробежно-ударные и молотковые (дробление происходит за счёт удара бил, молотков, ножей шарнирно или жёстко закреплённых на вращающемся роторе, по куску материала).

Различают три базовых типа дробилок и в основе этих различий лежат три типа воздействия рабочего дробящего органа на обрабатываемый материал.

Появившаяся по хронологии первой щековая дробилка использует эффект раздавливания материала между двумя поверхностями при сравнительно медленном нарастании давления. Конусная дробилка использует и истирание, и сжатие материала между двумя поверхностями. В роторной дробилке ударного действия материал измельчается путём ударов либо по куску материала, либо ударом куска материала, движущегося с большой скоростью о неподвижную плиту (бронеплита, била).

Следует отметить, что процесс измельчения это не просто увеличение числа частиц и уменьшение их размеров, но прежде всего способ управления свойствами обрабатываемого материала на всех этапах его переработки. Конечный продукт в зависимости от целей его использования может отличаться, как размером частиц и гранулометрическим составом, так и формой получаемых кусков. Для получения заполнителей в производстве бетона и дорожно-строительных материалов требуются крупные фракции кубовидной формы для лучшей связи между собой. Для процесса обогащения необходимо получить мелкие фракции, имеющие микронные размеры, в большинстве случаев однородность этих размеров играет решающую роль в процессе обогащения. Поэтому на сегодняшний день нет универсальной схемы дробления-измельчения. Для каждого конкретного предприятия, будь то горнодобывающее предприятие или карьер инертных материалов, необходима разработка индивидуальной схемы, учитывающей тип перерабатываемой породы, сложившуюся стоимость товаров, инженерных сооружений и услуг, а также соблюдение необходимых эксплуатационных требований. Кроме того, при выборе схемы дробления-измельчения должны рассматриваться расход энергии, износ футеровок (рабочих элементов), форма, фракция и гранулометрический состав получаемого продукта, ремонтопригодность (техническое обслуживание), производительность, энергопотребление и мн. др.

Для повышения эффективности технологического процесса обогатительных фабрик поступающий продукт дезинтеграции должен быть подготовлен с возможно большей его трещиноватостью и локальным сосредоточением дифференциальных усилий в зёрнах руды на контактах рудных минералов и вмещающих пород. Это облегчает высвобождение минералов вдоль его границ и раскрытие сростков – селективное разрушение с минимальными энергозатратами (повышение извлечения ценного компонента руды). Трещиноватость способствует существенному (до 30%-50%) увеличению производительности последующих мельниц, а также извлечению полезных компонентов из руд, особенно в процессах выщелачивания возможной флотацией.

Такая постановка задач заставляет искать более рациональные формы организации процесса дезинтеграции по сравнению с классической схемой многостадийного дробления в замкнутом цикле с грохотами и шаровым измельчением.

Наибольшее сопротивление оказывают разрушаемые материалы и горные породы раздавливанию, меньшее – изгибу и наименьшее – растяжению. Из соображений конструктивного характера, а также в следствии нежелательности пере измельчения в современной практике обогащения применяются дробилки, работающие главным образом

раздавливанием и ударом при добавочных истирающих и изгибающих воздействиях на дробимый материал.

В схемах дробления выделяют стадии крупного, среднего и мелкого дробления. Крупное, среднее и мелкое дробление твёрдых (прочных) и хрупких материалов целесообразно производить раздавливанием при действии статических и динамических нагрузок, твёрдых и вязких материалов – раздавливанием с участием истирания. Крупное дробление мягких и хрупких материалов лучше всего выполнять раскалыванием, а среднее и мелкое – ударом. Все полезные ископаемые измельчают раздавливанием, ударом с участием истирания.

Дробление делится на:

- Крупное дробление от 1500мм. – 500мм. до 350мм. – 100мм.;
- Среднее дробление от 350мм. – 100мм. до 100мм. – 40мм.;
- Мелкое дробление от 100мм. – 40мм. до 30мм. – 5мм.

Из вышесказанного видно, что как правило дробилки выступают в основном в качестве первичной подготовки сырья для дальнейшей обработки в мельницах с целью достижения мелкой фракции помола, требуемой в той или иной схеме технологического процесса.

Мельница- машина для измельчения различных материалов. От дробилок мельницы отличаются более тонким помолом материала (до частиц размерами мельче 5 мм.). В зависимости от формы и вида рабочего органа и скорости его движения мельницы можно условно подразделить на пять групп (табл.1.).

Таблица 1 - Классификация мельниц

Группа мельниц	Форма и вид рабочего органа	Скорость движения рабочего органа
I	Барабанные, в т. ч.: Шаровые, стержневые, галечные, самоизмельчения	Тихоходные
II	Роликовые, Валковые, кольцевые, фрикционно-шаровые, бегуны	Среднеходные
III	Молотковые (шахтные) Пальцевые (дезинтеграторы)	Быстроходные
IV	Вибрационные с качающимся корпусом	Быстроходные
V	Струйные, аэродинамические, без дробящих тел	Быстроходные

При обогащении полезных ископаемых, в производстве цемента, для приготовления каменноугольного пылевидного топлива, в химической и металлургической промышленности широко применяются барабанные мельницы. В этих мельницах барабан цилиндрической или цилиндроконической формы, заполненный наполовину объёма мелющими телами, вращается вокруг своей геометрической горизонтальной оси. Исходный материал загружается в одном конце барабана, а продукт измельчения разгружается в другом обычно через полые цапфы в торцевых крышках барабана. При вращении барабана свободно движущиеся мелющие тела измельчают материал ударом, истиранием и раздавливанием. Мелющие тела — чугунные и стальные шары диаметром 150—30 мм., чугунные или стальные цилиндрики («цильпебс») размерами (диаметр и длина) от 16 и 30 до 25 и 40 мм., стальные круглые стержни диаметром до 130 мм и длиной, равной длине барабана, кремнёвая или рудная галька размером до 200 мм, крупные куски измельчаемой руды. В соответствии с этим различают шаровые, стержневые, галечные, рудногалечные и мельницы самоизмельчения. Барабан мельницы вращается с частотой 60—95% «критической частоты вращения». При значительном превышении критической частоты вращения мелющие тела центробежной силой прижимаются к барабану и измельчение прекращается. Для работы при сверхкритической

частоте вращения требуются гладкие футеровочные плиты внутри барабана, малая нагрузка крупных шаров и пр. Для защиты от износа барабан изнутри покрывается футеровочными плитами из стального литья или резины. Барабанные мельницы изготовляются для сухого или мокрого измельчения. Размеры барабанов современных шаровых и стержневых мельниц: диаметр от 0,9 до 5 м, длина от 0,9 до 8 м (в цементном производстве диаметр 4 м и длина до 15 м). Барабаны мельницы самоизмельчения достигают размеров 10,5 и 3,8 м, мощность привода такой мельницы до 7000 кВт. Проектируются они диаметром 12,2 м., мощностью до 20 000 кВт. При одинаковой крупности исходного материала и продукта производительность мельницы прямо пропорциональна потребляемой мощности. В шаровые и стержневые мельницы подаётся материал крупностью до 30 мм, в мельницах самоизмельчения — до 300 мм. Крупность продукта может быть мельче 0,04 мм. При измельчении износ стальных шаров составляет 1—3 кг. на 1т. руды. Расход энергии на 1т. руды 10—20 кВт/час. Для получения продукта заданной крупности барабанные мельницы обычно сопрягаются с классификаторами (или гидроциклонами, воздушными сепараторами), разделяющими материал, выходящий из мельницы на мелкий (готовый) и крупный, возвращаемый в ту же мельницу на доизмельчение, получается замкнутый цикл.

Для сухого измельчения мягких и средней твёрдости материалов (углей, цементного сырья, фосфоритов, графита, серы, талька, минеральных красок) применяются мельницы со средними скоростями движения рабочих органов — среднеходные. Используются среднеходные мельницы: роликовые, валковые, кольцевые, фрикционно-шаровые, бегуны. Роликовая среднеходная М. состоит из герметичного корпуса и вращающегося в нём горизонтального мелющего кольца, к которому прижаты пружинами два ролика диаметром до 1200 мм. Исходный материал подаётся на мелющее кольцо и при его вращении раздавливается роликами. Мельница работает в замкнутом цикле с воздушным классификатором, расположенным непосредственно над ней; циркуляция воздуха создаётся вентилятором. Крупность исходного материала для роликовых мельниц чаще всего до 20 мм; в отдельных случаях до 50 мм. Крупность продукта 10—20% остатка на сите с отверстиями 0,088 мм. В производстве керамики и огнеупоров для измельчения полевого шпата, доломита и др. применяют бегуны. В них материал раздавливается и истирается между цилиндрической поверхностью катков и плоским днищем чаши. Размеры катков (диаметр и длина) до 1,8 и 0,8 м. Бегуны (чилийские мельницы) ведут начало от «арастры», применявшейся на древних разработках золота в Мексике (по мощенному камнем дну круглой чаши конным приводом волочились тяжёлые валуны).

Для приготовления пылевидного топлива из мягких углей, сланца, торфа применяются молотковые (шахтные) мельницы. В кожухе вращается ротор с закрепленными на нём шарнирно или наглухо молотками — билами. Исходный материал подаётся на ротор и измельчается ударами бил. В мельницы подаётся горячий воздух и одновременно с измельчением происходит сушка топлива. Измельченный и подсушенный материал выносится в шахту, из которой мелкие готовые частицы потоком воздуха подаются в топку, а крупные падают на ротор и доизмельчаются. Шахтные мельницы — быстроходные машины, линейная скорость на конце била до 65 м/сек. Размеры ротора (диаметр и длина) до 1,6 и 2 м. Топливо, подаваемое в шахтные мельницы, предварительно дробится мельче 15 мм; продукт — пыль грубого помола, остаток на сите с отверстиями 0,088 мм составляет 30—60%.

Для измельчения мягких материалов (уголь, сухая глина) применяются ударные пальцевые мельницы — дезинтеграторы. Для измельчения материалов средней твёрдости от 2 до 0,06 мм и мельче при малой производительности применяют вибрационные мельницы. Барабан мельницы, заполненный шарами на 80% объёма, установлен на пружинах. Под действием механического вибратора (вращающийся неуравновешенный груз — дебаланс) барабан совершает частые (до 3000 в 1 мин) круговые колебания малого радиуса (3—5 мм). Материал, загружаемый в барабан, измельчается шарами при их частых соударениях в колеблющейся массе. Объём барабана вибрационных мельниц. не превышает

1000 л, производительность невелика. Первые вибрационные мельницы. появились в 1930-х гг.

Для очень тонкого измельчения до размера зёрен 0,001—0,05 мм применяются струйные мельницы. Измельчаемый материал подаётся во встречно расположенные на одной оси эжекторы, к которым подводится сжатый воздух под давлением 0,4—0,8 Мн./м2 (40—80 кгс/см2), перегретый пар или горячие газы — продукты сгорания. Через разгонные трубки материал с огромной скоростью (до 500 м/сек) поступает в помольную камеру. Частицы материала, летящие одна навстречу другой, соударяются и разрушаются; измельченный материал отсасывается из камеры в классификатор, откуда крупный продукт вновь поступает в эжекторы.

Исследуются новые электрофизические способы измельчения токами высокой частоты, электроимпульсные, электрогидравлическим ударом и др. Однако для массового измельчения материалов, по-видимому, будут применяться барабанные мельницы. больших размеров, в том числе мельницы самоизмельчения.

Общая характеристика процессов измельчения. Измельчение является важнейшим технологическим процессом подготовки минерального сырья, позволяющим перевести его в химически активное состояние и подготовить к химическому взаимодействию при дальнейшей тепловой обработке.

Конечная цель – получение тонкодисперсного однородного по составу материала или гомогенной смеси разнородных материалов.

Эффективность измельчения характеризуют степенью измельчения (i)

$i = D/d$,

где D – диаметр самых крупных кусков, поступающих на измельчение;

d - диаметр самых крупных кусков, прошедших измельчение.

Таблица 2 - Типы измельчения материалов в зависимости от степени измельчения

Тип измельчения	Средний размер кусков до измельчения D, мм	Средний размер кусков зёрен, частиц до измельчения d, мм	Степень измельчения, i = D/d
Крупное дробление	1500 – 300	300 – 100	2 – 6
Среднее дробление	300 – 100	50 – 10	5 – 10
Мелкое дробление	50 – 20	10 – 2	10 – 50
Тонкое измельчение	10 – 2	2 – 0,075	50 – 100
Сверхтонкое измельчение	2 – 0,075	0,075 – 0,0001	>100

В зависимости от размолоспособности можно выделить три группы материалов:

1. породы высокой твердости: - кристаллические известняки;

- мрамор;
- кварцевые и полевые пески;

(предел прочности при сжатии более 120 МПа, естественная влажность до 2%).

2. породы средней твердости – некоторые виды известняков;

-гипсовый камень;

- плотные глинистые сланцы;
(предел прочности при сжатии более 120 МПа, естественная влажность до 5-10%).

3. мягкие породы– разновидности мела;
- глины с естественной влажностью;
- мягкие опоки, трепела, диатомиты, но не способные распускаться в воде.

Выбор способа измельчения определяется свойствами материала. В большинстве случаев измельчение производится в два этапа: грубое измельчение (дробление) и тонкое измельчение (помол). Каждый из этих этапов может реализоваться в несколько стадий.

Список литературы

1. Малич Н.Г., Блохин В.С., Дегтярёв А.О. Анализ и перспективы развития отечественных машин для дробления твёрдых материалов [Текст]//Материалы Симпозиума “Неделя горняка-2007”. - Днепропетровск, 2008.-С. 365-380.
2. Юшина Т.И., Кукин А.В. Обоснование применения роторных дробилок для производства щебня из скальной вскрыши [Текст]//Горноаналитический бюллетень, 2012.-№1.-С.146-153.
3. 3 Андреев С.Е. (Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых [Текст]/ С.Е. Андреев. – М., 1996.
4. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур [Текст]/ П. А. Ребиндер.-М.: Наука, 1966.
5. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов [Текст]/ Г.С.Ходаков., - М.: Стройиздат,1992. -240с.
6. Генералов М.Б. Механика твёрдых дисперсных сред в процессах химической технологии / М.Б. Генералов. – Калуга, 2002.-592с.
7. Козловский В.И. Оптимизация процесса сверхтонкого помола в шаровой мельнице [Текст]/ Автореф. дисс. на соиск.уч. ст. к.т.н. по специальности 05.17.08 – процессы и аппараты химических технологий. – Минск, 2017. -16 с.

УДК 622.7

А.Ж. Жаныбаева, Н.А. Раджапова, И.Э. Суюнтбеков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

A.Zh. Zhanybaeva, N.A. Radzhapova, I. E. Suyuntbekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
200230ai@ gmail.com,radzhapova.52@mail.ru, islam.suyuntekov@kstu.kg

КУРУЛУШ МАТЕРИАЛДАРЫН МАЙДАЛОО ПРОЦЕССИН ТЕОРИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

THEORETICAL STUDY OF BUILDING MATERIALS GRINDING PROCESS

Бул макалада курулуш материалдарын майдалоо процессинин теориялык аспектилери, анын ичинде майдалоо ыкмалары жана схемалары каралат. Майдалоо учурундагы тышкы күчтөрдүн жалпы жумушунун ортосундагы байланыштар Ребиндердин теңдемесин

колдонуу менен аныкталып, материалдын салыштырмалуу чоң бөлүктөрүнө чейин майдалоонун баштапкы этабындагы жана эң майда майдалоого кеткен жумушу талданган. Ар кандай курулуш материалдары үчүн майдаланган материалдын бир тоннасына сарпталган салыштырмалуу энергия (МДж) көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: *майдалоо, эң майда майдалоо, майдалоо ыкмалары, кысуу, кынап кесүү, уруп согуу, абразия (сүргүлөө), майдалоонун энергия сыйымдуулугу, энергиянын сарпталышы, курулуш материалдары.*

В статье рассматриваются вопросы теоретического изучения процесса измельчения строительных материалов, методы и схемы измельчения. Определены зависимости полной работы внешних сил при измельчении с использованием уравнения Ребиндера для анализа работы дробления как первого этапа измельчения до сравнительно крупных кусков материала, так и для анализа тонкого измельчения. Приведен удельный расход энергии на 1 тонну размолотого материала (МДж) для различных строительных материалов.

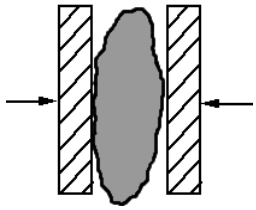
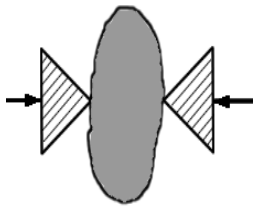
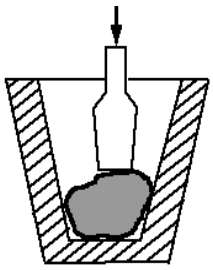
Ключевые слова: *измельчение, помол, методы измельчения, раздавливание, раскалывание, удар, истирание, энергоёмкости измельчения, энергозатраты, строительные материалы.*

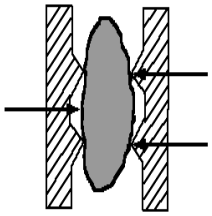
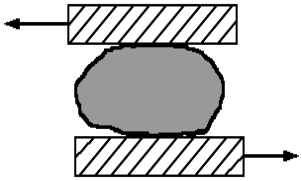
This article examines theoretical aspects of the grinding process of building materials, including grinding methods and systems. The relationships between the total work of external forces during grinding are determined using the Rehbinder equation to analyze the crushing work of both the initial stage of grinding to relatively large pieces of material and fine grinding. The specific energy consumption per ton of ground material (MJ) for various building materials is presented.

Key words: *grinding, milling, grinding methods, crushing, splitting, impact, abrasion, grinding energy consumption, energy costs, building materials.*

Майдалоо – тышкы механикалык жүктүн таасири астында катуу материалдардын бузулушу. Бул бир нече ыкмалар менен өндүрүлүшү мүмкүн(1-табл.).

1-таблица. Майдалоо ыкмалары

Кысуу		Материалдын кысылып майдаланышы чыңалуулар биринчи кысуу чегинен өткөндөн кийин пайда болот.
Кынап кесүү		Бөлүктөрдүн майдаланышы алардын кынап кесип бөлүнүшүнүн жана андан кийин ошол жерде созулуу чыңалууларынын пайда болушунан улам үзүлүшүнүн натыйжасында пайда болот.
Уруп согуу		Уруп согуп майдалоо – материалда кысуу, созуу, ийүү жана кесүү чыңалууларынын пайда болушу менен динамикалык жүктөрдүн таасиринин натыйжасы.

Сындыруу		Бөлүктүн майдаланышы анын ийилип сынышынын натыйжасында пайда болот.
Абразия (сүргүлөө)		Абразия учурунда бөлүктүн сырткы катмарлары жылышуу деформациясына дуушар болот жана тангенциалдык чыңалуулардын бекемдик чегинен тышкары өтүшүнөн улам майдалагычтын жылма жумушчу беттери менен акырындык менен майдаланат.

Материалды майдалоо ыкмалары анын физикалык жана химиялык касиеттерине жараша тандалат.

2-таблица. Материалдын касиеттерине жараша майдалоо ыкмасы

Материал	**Майдалоо ыкмасы**
Бышык жана морт	Кысуу, уруп согуу, сындыруу.
Бышык жана жабышкак	Кысып майдалоо, сүргүлөө.
Морт, орточо бекемдик	Уруп согуу, сындыруу, сүргулөө.
Жабышкак, орточо бекемдик	Сүргулөө, уруп согуу, сындыруу.

Майдалоо процессин (деформациянын түрүнө карабастан) төмөнкүдөй түрдө көрсөтүүгө болот:

Тышкы механикалык күчтөр материалда ички серпилгичтик деформациянын топтолушуна алып келет. Материалдын бир бөлүгүндөгү чыңалуу жергиликтүү дефектерден улам пайда болгон чыңалуу концентрацияларынан улам кайсы бир учурда созулууга болгон бекемдиктен ашып кеткенге чейин көбөйөт. Бул жаракалардын пайда болушуна алып келет, ал серпилгичтик деформациянын кайра бөлүштүрүлүшү менен коштолот, анын бир бөлүгү беттик энергияга айланат. Беттик энергия - бул майдалоонун пайдалуу энергиясы болуп саналат. Калган энергия негизинен серпилгичтүү кысуу деформацияларына жумшалат жана жылуулук жана башка энергия түрлөрү катары таркатылат [1].

Майдалоо учурунда тышкы күчтөрдүн аткарган жалпы жумушу Ребиндердин теңдемеси менен туюнтулат.[2]:

$$W = Wg + Wn = k\Delta v + G\Delta S, \qquad (1)$$

бул жерде Wg – талкалануучу бөлүктүн серпилгичтүү деформацияланган көлөмүнүн жумушу;
Wn - жаңы беттерди түзүү жумушу;
v – бузулуучу бөлүктүн көлөмүнүн өзгөрүшү;
S - жаңы пайда болгон беттин чоңдугу;
k жана G - коэффициенттер.
Материалдын чоң өлчөмдөрү үчүн жумушту (Wn) эске албай койсо болот, анда (1) теңдеме төмөнкүдөй түрдө болот:

$W = Wg = k\Delta V$ же $W = k1d3$. (2)

(1) жана (2) теңдемелер материалды салыштырмалуу чоң бөлүктөргө майдалоонун биринчи этабы катары майдалоо жумушун талдоо үчүн колдонулат.

Материалдардын кичинекей өлчөмдөрү үчүн серпилгичтүү деформацияланган бөлүктүн (Wg) жумушун эске албай койсо болот, анда (1) теңдеме төмөнкүдөй түргө келет:

$W = Wn = G\Delta S$ же $W = k2Gd2$. (3)

Жогорку (3) теңдеме майдалоо процессин талдоо үчүн колдонулат.

Эң күкүм майдалоо процессин үч этапка бөлүүгө болот (майдалануу каршылыгына негизделген).

1-этап: майдалоо каршылыгы негизинен материалдын борпоңдугу, айрыкча ири борпоңдук тешикчелердин курамы менен аныкталат;

2-этап: майдалоо каршылыгы материалдын микроструктурасы жана минералогиялык курамы менен аныкталат (б.а., кристаллдын бузулушу жүрүп турат);

3-этап: майдалоо каршылыгы салыштырмалуу беттик аянттын көбөйүшү менен жогорулайт жана андан кийин майда бөлүкчөлөрдүн агрегациясына жана алардын жумушчу беттерге жабышуусуна байланыштуу экспоненциалдык мыйзамга ылайык келет.

Майдалоо жаңы беттин пайда болушун камтыйт, ал электр заряддарынын пайда болушу менен коштолот (анын белгиси жана чоңдугу майдаланып жаткан материалдын мүнөзүнө жана бөлүкчөнүн өлчөмүнө жараша болот). Майдалоо улана берген сайын бөлүкчөлөрдүн электрдик потенциалы өзүнөн-өзү агрегация (б.а., топтолгондук) пайда болуп, салыштырмалуу беттик аянтты азайтып, продуктунун кесектигин жана гетерогендүүлүгүн жогорулатат. Жогоруда айтылгандардын негизинде, майдалоонун үчүнчү этабында энергиянын көпчүлүк бөлүгү баштапкы материалды майдалоого эмес, жаңы пайда болгон агрегаттарды (агломераттарды) майдалоого жумшалат деген тыянак чыгарууга болот.

Ошондуктан, ар бир материалдын пайдалануу максатына жараша майдалоонун тиешелүү даражасын белгилеген айрым чектөөлөр киргизилет.

Майда майдалоо кристаллдардын беттик катмарларындагы жеке химиялык байланыштарды үзүп, эркин атомдук топторду жана радикалдарды түзөт. Бул майда майдалоо айлана-чөйрө менен өз ара аракеттенүүдө жогорулаган реактивдүүлүктү көрсөткөн химиялык кошулмаларды ачыкка чыгарат дегенди билдирет, бул фазалардын чек арасында физикалык-химиялык процесстер үчүн жагымдуу шарттарды түзөт. Чийки заттар канчалык чачыранды болсо жана алардын кристаллдык торчосу ошончолук оңой бузулса, алар бири-бири менен ошончолук толук жана тез өз ара аракеттенишет (мисалы, клинкер-бетон композиттерин өндүрүү үчүн майдаланган чийки аралашмаларда клинкердин пайда болушу одоно майдаланган чийки аралашмаларга караганда 50°C эрте аяктайт).

Майдалоонун бул түрү өтө энергияны көп талап кылган процесс. Энергияны керектөө майдаланып жаткан материалдын касиеттери жана талап кылынган майдалыгы менен аныкталат. [3,4]

Салмагы 1 тонна майдаланган материалга төмөнкудөй салыштырмалуу энергия сарпталат (МДж):

- акиташ – 55-85;
- бор жана чопо – 30-50;
- гранулдашкан домна шлагы – 100-110.

Ошондуктан, майдалоого жумшалган энергиянын сарпталышын азайтуу үчүн майдалоонун схемасын жана ыкмасын (майдалоонун белгилүү бир түрүн) тандоо өзгөчө мааниге ээ. Майдалоо ыкмасын жана схемасын тандоо, өз кезегинде, майдаланып жаткан материалдын касиеттерине жана майдаланган заттарга коюлган талаптарга (майдалыгы, бөлүкчөлөрдүн өлчөмүнүн бөлүштүрүлүшү, нымдуулуктун курамы) жараша болот.

Жөнөкөй майдалоого караганда эң майда майдалоо үчүн энергия болжол менен 15-20 эсе жогору сарпталат.

Адабияттар тизмеси

1. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев. – М., 1996.
2. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П. А. Ребиндер.- М.: Наука, 1966.
3. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г.С.Ходаков. -М.: Стройиздат,1992. – 240 с.
4. Генералов М.Б. Механика твёрдых дисперсных сред в процессах химической технологии / М.Б. Генералов. – Калуга, 2002.-592с.
5. Боровский Д.Н. Тонкое измельчение материалов малотоннажных производств в быстроходных центробежно-шаровых мельницах / Д. Н. Боровский. – Минск, 2015.
6. Козловский В.И. Оптимизация процесса сверхтонкого помола в шаровой мельнице / Автореф. дисс. на соиск.уч. ст. к.т.н. по специальности 05.17.08 – процессы и аппараты химических технологий. – Минск, 2017. -16 с.

УДК 681.5:663.4

Г. А. Жолдошбекова, Э.А. Джалбиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

G. A. Zholdoshbekova, E.A. Dzhalbiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ПРОЦЕССТИ АВТОМАТТЫК БАШКАРУУНУН ЛОКАЛДЫК СИСТЕМАСЫН ЖАКШЫРТУУ

IMPROVEMENT OF THE LOCAL AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF A TECHNOLOGICAL PROCESS

Бул макалада технологиялык процесстин локалдык автоматтык башкаруу системасын жакшыртуу үчүн ПИ жана ПИД-регуляторлорун колдонуу боюнча изилдөө жүргүзүлдү. Технологиялык процессти башкаруунун негизги максаты – процесс аркылуу туруктуулукту жана сапатты жогорулатуу. Датчиктерден алынган маалыматтарды иштеп чыгуу жана машиналык үйрөнүү алгоритмдери менен туура чечимдерди кабыл алуу мүмкүнчүлүгү сунушталууда. Өндүрүш процесстин туруктуулугун жана сапатын жакшыртуу үчүн автоматташтырылган система колдонулуп, жабдуулардын иштешине болгон көзөмөл күчөтүлөт. Мындан тышкары, сунушталган система технологиялык параметрлердин өзгөрүүсүнө ыкчам жооп кайтарууга жана тышкы таасирлерге туруктуулукту камсыз кылууга мүмкүндүк берет. ПИ жана ПИД-регуляторлорду туура тандоо жана жөндөө аркылуу башкаруу системасынын динамикалык мүнөздөмөлөрү жакшыртылып, өтмө процесстердин убактысы кыскартылат.

Түйүндүү сөздөр: *автоматтык башкаруу, ПИ жана ПИД-регуляторлор, машиналык үйрөнүү, датчиктер, технологиялык процесс, автоматташтыруу.*

В данной статье проведено исследование применения ПИ- и ПИД-регуляторов для совершенствования локальной автоматической системы управления технологическим процессом. Основной целью управления технологическим процессом является повышение его устойчивости и качества. Предлагается использование методов обработки данных, получаемых с датчиков, а также алгоритмов машинного обучения для принятия обоснованных управленческих решений. Для повышения устойчивости и качества производственного процесса применяется автоматизированная система, обеспечивающая усиленный контроль за функционированием оборудования. Кроме того, предлагаемая система позволяет оперативно реагировать на изменения технологических параметров и обеспечивает устойчивость к внешним воздействиям. Правильный выбор и настройка ПИ- и ПИД-регуляторов способствуют улучшению динамических характеристик системы управления и сокращению времени переходных процессов.

Ключевые слова: *автоматическое регулирование, ПИ и ПИД-регуляторы, машинное обучение, датчики, технологический процесс, автоматизация.*

This article presents a study on the application of PI and PID controllers to improve a local automatic control system for a technological process. The primary objective of process control is to enhance system stability and quality. The use of data processing techniques based on sensor inputs, as well as machine learning algorithms for informed decision-making, is proposed.

An automated system is implemented to improve the stability and quality of the production process, providing enhanced monitoring of equipment operation. In addition, the proposed system enables rapid response to changes in technological parameters and ensures robustness against external disturbances.

The proper selection and tuning of PI and PID controllers improve the dynamic characteristics of the control system and reduce the duration of transient processes.

Key words: *automatic control, PI and PID controllers, machine learning, sensors, technological process, automation.*

Введение. Современное развитие пищевой промышленности требует внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами, обеспечивающих высокое качество продукции, стабильность параметров и снижение затрат. Одним из таких процессов является брожение кваса — сложный биохимический процесс, чувствительный к изменениям температуры, концентрации сахара, активности микроорганизмов и других факторов.

Традиционные методы контроля данного процесса во многом зависят от оператора и не обеспечивают достаточной точности регулирования. В связи с этим актуальной задачей является разработка и совершенствование локальных систем автоматического регулирования (САР), основанных на современных алгоритмах управления, таких как ПИ (пропорционально-интегральные) и ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальные) регуляторы.

Целью данной работы является повышение эффективности процесса брожения кваса за счёт внедрения усовершенствованной системы автоматического регулирования с использованием ПИ и ПИД-регуляторов.

1. Технологический процесс брожения кваса

Брожение кваса представляет собой процесс ферментации, в котором участвуют дрожжи и молочнокислые бактерии. Основными стадиями являются:

подготовка сусла;

внесение закваски;

активное брожение;

дображивание и стабилизация.

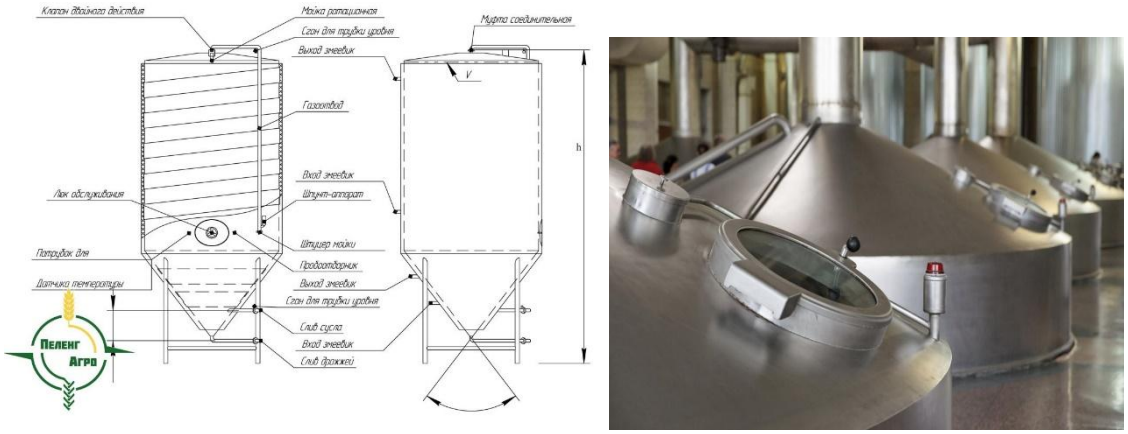


Рисунок 1 - ПИ и ПИД-регуляторы(схема и фото)

Ключевыми параметрами процесса являются:
температура (обычно 20 – 30°C);
концентрация сахара;
уровень pH;
содержание углекислого газа;
время брожения.

Температура является наиболее критичным параметром, так как она напрямую влияет на скорость ферментации и качество конечного продукта. Отклонения температуры могут привести к: замедлению процесса; появлению посторонних вкусов; снижению активности микроорганизмов.

Следовательно, задача автоматического регулирования температуры является основной в системе управления брожением.

2. Анализ существующих систем автоматического регулирования.

В традиционных системах управления процессом брожения используются: ручное регулирование; простые термостаты; релейные системы управления.

Данные методы управления широко применялись на ранних этапах развития автоматизации, однако в современных условиях они не соответствуют требованиям точности и надёжности. Ручное регулирование полностью зависит от опыта и внимательности оператора, что увеличивает вероятность ошибок и нестабильности процесса.

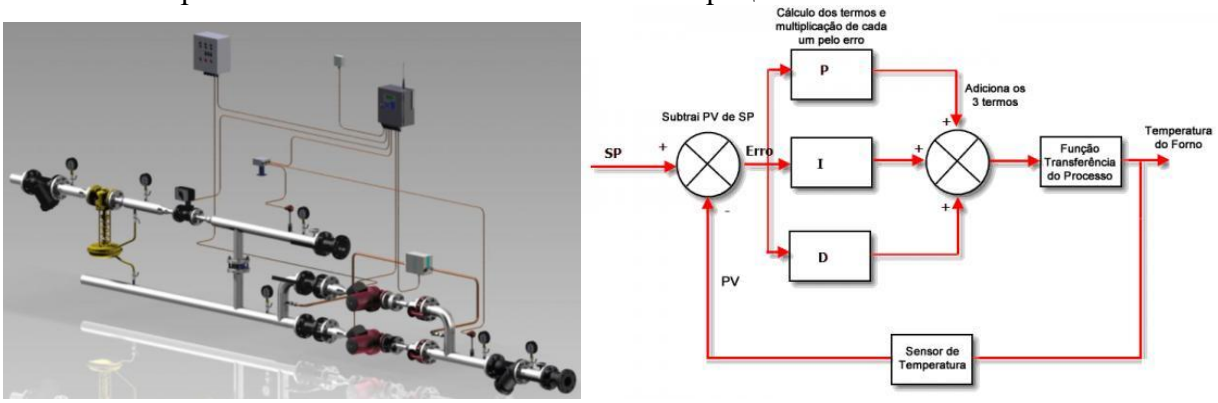


Рисунок 2 - Система автоматического регулирования процесса брожения

Недостатки таких систем:
низкая точность;
релейные системы управления.
Запаздывание реакции;
Колебания регулируемых параметров;

Зависимость от человеческого фактора.

Кроме того, такие системы не способны оперативно реагировать на внешние возмущения и изменения технологических условий, что приводит к ухудшению качества продукции и увеличению производственных затрат.

Современные САР используют цифровые регуляторы, которые обеспечивают:

высокую точность;

адаптивность;

устойчивость к внешним возмущениям.

Применение цифровых технологий позволяет реализовать сложные алгоритмы управления, включая адаптивные и интеллектуальные методы, что значительно повышает эффективность технологического процесса.

Однако даже среди автоматических систем не всегда применяется оптимальная настройка регуляторов, что снижает эффективность управления. Неправильный выбор параметров может привести к перерегулированию, нестабильности и увеличению времени переходного процесса.

3. Теоретические основы ПИ и ПИД-регулирования.

Теория автоматического управления включает различные типы регуляторов, среди которых наибольшее распространение получили ПИ и ПИД-регуляторы. Их применение обусловлено простотой реализации и высокой эффективностью в широком классе технологических процессов.

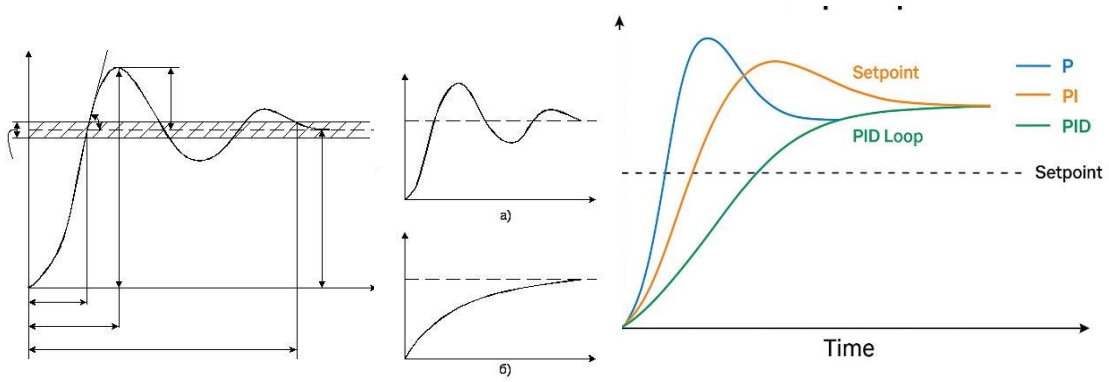


Рисунок 3- График переходной функции h(t) и PID Step Response

3.1 ПИ-регулятор

ПИ-регулятор формирует управляющее воздействие по закону:

$u(t) = K_p\, e(t) + K_i \int e(t)\, dt$

ПИД-регулятор добавляет дифференциальную составляющую:

$u(t) = K_p\, e(t) + K_i \int e(t)\, dt + K_d\, (de(t)/dt)$

где:

K_d — коэффициент дифференциальной части.

Дифференциальная составляющая позволяет учитывать скорость изменения ошибки, что значительно улучшает динамические характеристики системы.

Преимущества:

высокая точность;

быстрая реакция;

уменьшение перерегулирования.

Благодаря этим свойствам ПИД-регуляторы являются наиболее универсальными и широко применяются в сложных технологических процессах.

Недостатки:

чувствительность к шумам;

сложность настройки.

Для устранения влияния шумов часто применяются фильтры, что усложняет реализацию, но повышает надёжность системы.
Также при неправильной настройке интегральной составляющей может наблюдаться эффект интегрального насыщения, ухудшающий устойчивость системы.
Для устранения влияния шумов часто применяются фильтры, что усложняет реализацию, но повышает надёжность системы.

4. Математическая модель процесса брожения.

Процесс брожения можно аппроксимировать как инерционное звено первого порядка с запаздыванием:

$G(s) = K / (T s + 1) \cdot e^{(-\tau s)}$

где:

K— коэффициент усиления;

T — постоянная времени;

τ — время запаздывания.

Такая модель позволяет учитывать динамические свойства процесса, включая инерционность и задержку реакции системы на управляющее воздействие.

Температурная динамика описывается уравнением теплового баланса: $C (dT/dt) = Q_{нагрева} − Q_{потерь}$

где:

C — теплоёмкость системы;

Q_нагрева — подводимое тепло;

Q_потерь — тепловые потери.

Использование данной модели позволяет проводить анализ устойчивости системы и оптимизировать параметры регуляторов для достижения наилучших характеристик управления.

5. Разработка системы автоматического регулирования.

5.1 Структура системы.

Система включает:

датчик температуры;

контроллер (ПИ или ПИД);

исполнительный механизм (нагреватель/охладитель);

объект управления (бродильный чан).

Каждый элемент системы выполняет свою функцию, обеспечивая замкнутый контур управления и поддержание заданных параметров процесса.

Данный процесс происходит непрерывно в режиме реального времени, что обеспечивает стабильность и точность регулирования.

6. Настройка регуляторов.

Для настройки ПИ и ПИД-регуляторов применяются методы:

Зиглера–Николса;

метод частотного отклика;

оптимизационные методы.

Выбор метода настройки зависит от характеристик объекта управления и требований к качеству регулирования.

6.1 Настройка ПИ-регулятора.

Оптимальные параметры выбираются для минимизации:

перерегулирования;

времени переходного процесса.

При этом важно учитывать компромисс между быстродействием и устойчивостью системы.

6.2 Настройка ПИД-регулятора.

Подбор коэффициентов:

K_p - увеличивает быстродействие;

K_i - устраняет статическую ошибку;

K_d - снижает колебания.
Правильная настройка всех трёх параметров позволяет добиться оптимального качества управления и устойчивости системы.

7. Сравнительный анализ ПИ и ПИД-регуляторов.

Проведённый анализ показывает различия в характеристиках регуляторов и их влиянии на качество управления.
Вывод: для процесса брожения, где важна стабильность температуры, предпочтительнее использовать ПИД-регулятор, так как он обеспечивает более высокую точность и устойчивость.

8. Усовершенствование системы.

Предлагается:
использование адаптивного ПИД-регулятора;
внедрение цифровых фильтров для подавления шумов;
применение систем прогнозирования;
интеграция с SCADA-системами.

Дополнительно возможно внедрение систем удалённого мониторинга и диагностики, что позволит оперативно выявлять отклонения и повышать надёжность работы оборудования.

Использование современных цифровых технологий открывает перспективы для создания интеллектуальных систем управления, способных самостоятельно адаптироваться к изменяющимся условиям технологического процесса.
Дополнительно:
автоматическая корректировка параметров в зависимости от стадии брожения;
использование датчиков высокой точности;
внедрение удалённого мониторинга.

9. Экономическая эффективность.

Внедрение автоматизированной системы позволяет:
снизить энергозатраты на 10–15%;
уменьшить брак продукции;
повысить стабильность качества;
сократить участие оператора.

Заключение. В работе рассмотрен процесс брожения кваса как объект автоматического регулирования. Проведён анализ существующих систем управления, а также изучены принципы работы ПИ и ПИД-регуляторов. Установлено, что традиционные методы регулирования не обеспечивают необходимого уровня точности и устойчивости, что отрицательно сказывается на качестве конечного продукта.

В ходе исследования была построена математическая модель процесса брожения, учитывающая инерционность и запаздывание объекта управления, что позволило более точно описать поведение системы и провести корректный синтез регуляторов. Также рассмотрены методы настройки параметров регуляторов, обеспечивающие оптимальное качество переходных процессов.

Предложенные усовершенствования, включая использование адаптивных алгоритмов управления, цифровых фильтров и систем мониторинга, позволяют значительно повысить надёжность и эффективность функционирования системы автоматического регулирования. Внедрение интеллектуальных методов обработки данных открывает дополнительные возможности для повышения точности управления и оперативного реагирования на изменения технологических параметров.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной системы на предприятиях пищевой промышленности, что способствует снижению энергозатрат, уменьшению доли брака продукции и повышению стабильности её качества. Кроме того, автоматизация процесса снижает влияние человеческого фактора и повышает уровень технологической дисциплины производства.

Таким образом, результаты проведённого исследования подтверждают целесообразность внедрения усовершенствованных локальных систем автоматического регулирования с использованием ПИД-регуляторов в процессах брожения. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой адаптивных и интеллектуальных систем

управления на основе методов машинного обучения, а также интеграцией данных систем в современные SCADA-платформы для обеспечения комплексной цифровизации производства.

Список литературы

1. Жданов Н.В., Богданов И.А. Основы автоматических систем управления. — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 352 с.
2. Гинзбург В.Н. Автоматизация технологических процессов. — М.: Машиностроение, 2018. — 400 с.
3. Захаров С.Н., Смирнов О.П. Теория и практика автоматического регулирования. — СПб.: Питер, 2020. — 384 с.
4. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и настройки. — М.: Инфра-Инженерия, 2020. — 280 с.
5. Болшаков С.А. Автоматизация технологических процессов пищевых производств. — М.: КолосС, 2018. — 320 с.
6. Тихомиров А.А. Управление биотехнологическими объектами. — СПб.: Лань, 2021. — 276 с.
7. Кислая Л.В. Технология кваса и напитков брожения. — М.: Пищевая промышленность, 2019. — 250 с.
8. Åström K.J., Murray R.M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. — Princeton: Princeton University Press, 2014. — 408 p.
9. Seborg D.E., Edgar T.F., Mellichamp D.A. Process Dynamics and Control. — New York: Wiley, 2016. — 512 p.

УДК 621.316.722.1

А.П. Муслимов, Зарга Раян Монсеф, Д.К. Абдыкеримова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.P. Muslimov, Zarga Ryan Monsef, D.K. Abdykerimova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

ПАРАЛЛЕЛЬ ТОЛКУНДАНУУ МЕНЕН ТУРУКТУУ ТОКТУН ГЕНЕРАТОРУ ҮЧҮН ЧЫҢАЛУУНУН АВТОМАТТАШТЫРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC VOLTAGE STABILIZATION SYSTEM FOR A DC GENERATOR WITH PARALLEL EXCITATION

Белгилүү болгондой, параллелдүү толкундантуучу туруктуу токтун генераторлору айыл чарбасында: троллейбустарды жана трамвайлардын кыймылдаткычтарын күчкө салууда, айыл чарба жумуштарын жана жарыктандыруу тармактарын энергия менен камсыздоодо ж.б. Туруктуу ток генераторунун электр тармагы f(t) бузулушун башынан өткөрөт, ал керектөөчүлөрдү күйгүзүү жана өчүрүү натыйжасында пайда болот, ошондой эле генератордун кыймылдаткычынын бурчтук ылдамдыгынын өзгөрүшүнөн да келип чыгышы мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: *туруктуу токтун генератору, автоматтык жөнгө салгыч, өлчөөчү аспап, орнотуучу түзүлүш, реостат, объекттин математикалык моделдери, элементтердин жана системанын статикалык жана динамикалык мүнөздөмөлөрү.*

Известно, что генераторы постоянного тока с параллельным возбуждением широко применяются в народном хозяйстве: в транспорте питание двигателей троллейбусов, трамваях, в сельском хозяйстве для выполнения сельхоз работ и осветительных сетей и т.д. Электрическая сеть генератора постоянного тока испытывает возмущающее воздействие f(t), которое возникает в результате включения и выключения потребителей, кроме того, может быть результатом изменений угловой скорости вращения привода генератора.

***Ключевые слова**: генератор постоянного тока, автоматический регулятор, измерительное устройство, задающее устройство, реостат, математические модели объекта, статические и динамические характеристики элементов и системы.*

It is known that DC generators with parallel excitation are widely used in the national economy: in transportation to power trolleybus and tram motors, in agriculture to power agricultural work and lighting networks, etc. The electrical network of a DC generator experiences a disturbance f(t), which occurs as a result of switching consumers on and off, and can also result from changes in the angular velocity of the generator drive.

***Key words:** DC generator, automatic regulator, measuring device, setting device, rheostat, mathematical models of the object, regulator, static and dynamic characteristics of the elements and the system.*

Введение. Возмущающее воздействие вызывает нежелательные отключения напряжения от требуемого значения: снижение освещенности помещений, изменение режимов работ машин и оборудования, нарушение технологического процесса, приводящее к изготовлению продукции низкого качества.

Поэтому разработка автоматической системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока независимо от нагрузки в сети является актуальной задачей, требующей решения.

При разработке автоматической системы необходимо выполнять следующие требования (1):

1. Система должна быть простой с точки зрения ее реализуемости, по возможности элементы должны быть стандартными;
2. Надежность в работе, требуемая точность регулирования;
3. Динамические показатели элементов и системы: вид переходных процессов, их длительности и устойчивость в широком диапазоне работ.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема автоматической системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока

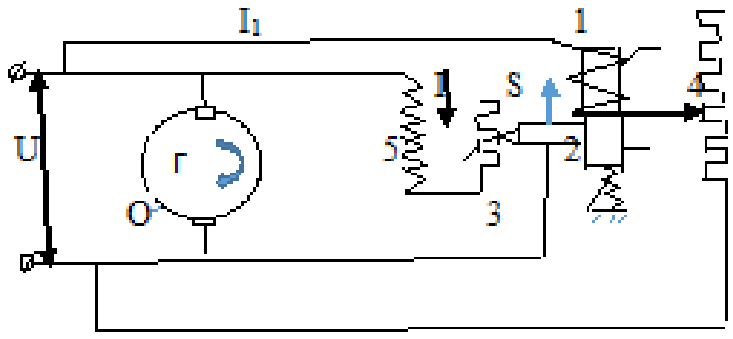


Рисунок 1 - Принципиальная схема автоматической стабилизации напряжения генератора постоянного тока: U - регулируемый параметр генератора; О – объект управления; I_1- ток в обмотке электромагнита; S – перемещение якоря электромагнита; Г – генератор постоянного тока; 1 – измерительное устройство – электромагнит; 2 – якорь электромагнита; 3 – пружина; 4 – реостат задающего устройства; 5 – регулирующий реостат.

Принцип работы автоматической системы стабилизации напряжения ***U*** на выходе генератора: например при увеличении нагрузки напряжения ***U*** падает, при этом уменьшается ток ***I***, подводимый к электромагниту, что приводит в свою очередь к уменьшению тяговой силы электромагнита ***1*** и сердечник ***2*** вместе с движком регулирующего реостата ***5*** под действием пружины ***3*** опустится вниз. В результате уменьшится сопротивление в цепи возбуждения якоря, что приводит согласно закону Ома к возрастанию тока возбуждения ***I*** ровно настолько, чтобы напряжение ***U*** стало стабильным.

При уменьшении регулируемого параметра генератора процессы его стабилизации протекают в обратном порядке; ток ***I*** и тяговое усилие электромагнита возрастают, что приводит перемещению якоря его вверх, при этом сопротивление обмотки якоря увеличивается, а ток ***I*** уменьшается и напряжение на выходе вернется к установленному значению.

С помощью реостата ***4***, который выполняет функцию задающего устройства, устанавливается необходимое напряжение на выходе генератора. Чем выше будет установлен его движок, тем больше будет его значение выходного напряжения в связи с тем, что ток ***I***, станет меньше. При этом тяговое усилие электромагнита уменьшится и под действием пружины ***3*** произойдет уменьшение сопротивления ***5*** обмотки якоря, что приведет к возрастанию тока ***I*** возбуждения якоря. Отсюда вывод: если есть необходимость уменьшить регулируемый параметр ***U*** генератора следует поставить движок реостата ***4*** ниже.

При этом ток I_1 и тяговое усилие электромагнита станут больше, что приводит к увеличению сопротивления реостата 5 и уменьшению значения регулируемого параметра U генератора до установленной величины.

Разработанная принципиальная схема стабилизации напряжения генератора (рис.1) позволяет разработать структурно-функциональной схемы системы, она представлена на рис.2

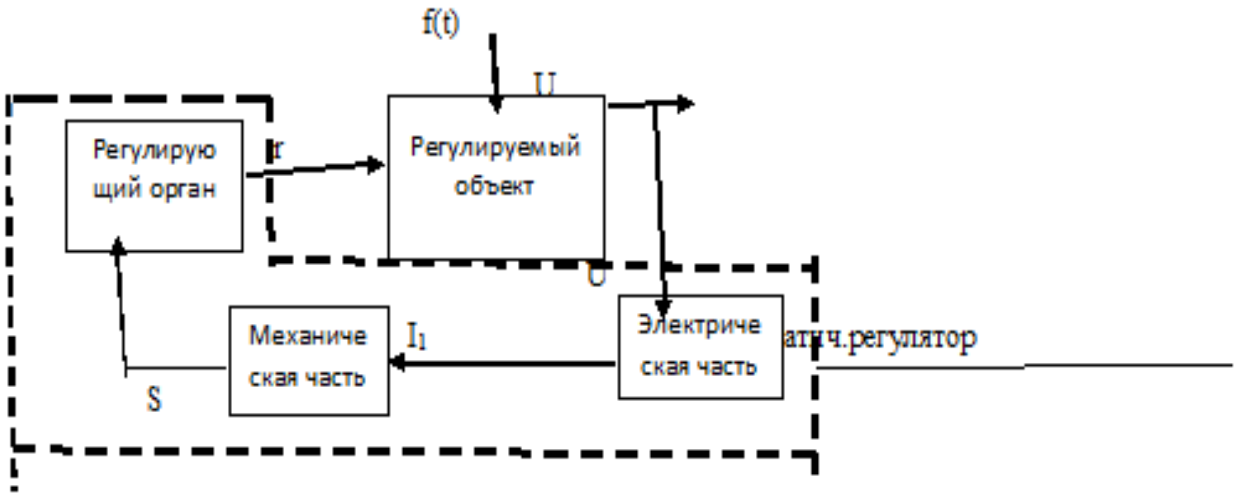


Рисунок 2 - Структурно-функциональная схема автоматической системы

В данной схеме показано стрелками направление передачи воздействий, образующее замкнутую обратную связь с указанием соответствующих параметров.

Для составления уравнения регулируемого объекта(генератора) представляем его в виде отдельного звена (рис.3)

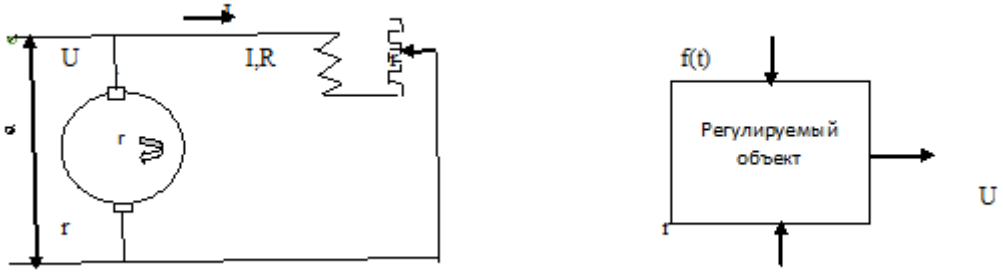


Рисунок 3 - Принципиальная и структурная схема объекта

В этих схемах представлены три основные величины звена; выходная регулируемая величина ***U*** – напряжение, регулируемая входная величина ***r*** и возмущающее воздействие ***f(t).***

Уравнение динамики в виде математической модели устанавливают связь между этими величинами ***r, U*** и f***(t)***

Уравнение динамики цепи возбуждения генератора [2] представляется в виде;

$$(R+r)I+L\frac{dI}{dT}=U_1 \qquad (1)$$

Где ***(R+r)*** – омическое сопротивление и ***L*** – индуктивность в цепи возбуждения генератора.

Уравнение (1) - нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка, поскольку в нем присутствуют произведения двух переменных ***r*** и ***I***. Для линеаризации уравнения (1) применяем метод линейной аппроксимации [3], т.е. процесс рассматривается при малых отклонений параметров от рабочих точек в связи с наличием автоматической системы управления, т.е. при этом можно записать следующее:

$$\begin{aligned} U &= U_o+\Delta U \\ I &= I_o+\Delta I \\ R+r &= R+r_0+\Delta r \end{aligned} \qquad (2)$$

Где U_o, I_o, r_o- значения этих парfметров в работе их точек, а ***ΔU, ΔI, Δr*** – отклонения их от рабочих точек, ***R*** – постоянное сопротивление.

Подставляя (2) в уравнение (1) и после соответствующих преобразований, получим дифференциальное уравнение в линейном виде:

$$(R+r_o)\Delta I+I_o\Delta r+L\frac{d\Delta I}{dt}=\Delta U \qquad (3)$$

В полученном уравнении (3) ΔI необходимо его выразить через ΔU, для этого воспользуемся статической характеристикой генератора – зависимость напряжения от тока возбуждения, которая представлена на рис.4 [3]

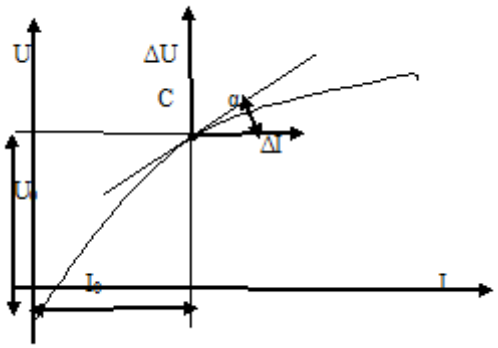


Рисунок 4 - Статическая характеристика генератора

Точка ***C*** рабочая точка с координатами I_o U_o коэффициент усиление $к^1=tg\alpha=\frac{\Delta U}{\Delta I}$, следовательно

$$\Delta I=\frac{I}{k1}\Delta U \qquad (4)$$

Подставляя (4) в уравнение (3), получаем:

$\frac{L}{k^1}\frac{d\Delta U}{dt}+\frac{R+r_0}{k^1}\Delta U+I_0\Delta r= \Delta U$ (5)

После соответствующих преобразований уравнение (5) и путем разделения каждого его члена на коэффициент ΔU получим:

$\frac{L}{R+r_0-k^1}\frac{d\Delta U}{dt}+\Delta U=-\frac{I_0\,k^1}{R+r_0-k^1}\Delta r$ (6)

Вводим следующие обозначения:

$T_0 = \frac{L}{R+r_0-k_1}$ – постоянная времени объекта, характеризующая его инерционность;

$k_0 = \frac{I_0 k^1}{R+r-k^1}$ коэффициент усиления объекта.

С учетом этих обозначений получим математическую модель объекта управления:

$T_0=\frac{d\Delta U}{dt} + \Delta U = -k_0\Delta r$ (7)

Она позволяет произвести расчет массо-геометрических и режимных параметров объекта и исследовать его динамические характеристики: вид переходного процесса, его длительности и устойчивости.

Выводы.

1. Разработаны принципиальная и структурно-функциональная схемы автоматической системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока, обеспечивающий постоянство напряжения на выходе независимо от нагрузки в сети.

2. Разработана математическая модель объекта управления генератора и проведено ее линеаризация в виде линейного дифференциального уравнения, решение которого аналитически позволяет исследовать его динамические характеристики: вид желаемого переходного процесса, его длительности и устойчивости.

Список литературы

1. Солодовников В.В. Основы автоматического регулирования. М: Машгиз, 2001, 341с.
2. Фельдбаум. Электрические системы автоматического регулирования. М.: Физматгиз, 2005, 246с.
3. Муслимов А.П., Васильев В.Б. Автоматическое управление технологическими процессами в машиностроении. Бишкек, 2018, 256с.

УДК 004.01

Э.Д. Садыков, А.А. Самсалиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.D. Sadykov, A.A. Samsaliev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ИНТЕГРАЦИЯЛОО ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СЧИТЫВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ АНАЛОГОВЫХ МАНОМЕТРОВ В IOT-СИСТЕМАХ

IOT СИСТЕМАЛАРЫНДА АНАЛОГДУК МАНОМЕТРЛЕРДИН КӨРСӨТКҮЧТӨРҮН АВТОМАТТЫК ТҮРДӨ ОКУУ ҮЧҮН КОМПЬЮТЕРДИК КӨРҮҮНҮ ИНТЕГРАЦИЯЛОО ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

INTEGRATION OF COMPUTER VISION FOR AUTOMATIC READING OF ANALOG PRESSURE GAUGES IN IOT SYSTEMS

Бул макалада аналогдук манометрлердин көрсөткүчтөрүн автоматтык аныктоо маселеси компьютердик көрүү технологияларынын жардамы менен каралат. Сунушталган ыкма сүрөттөрдөн манометрдин борборун жана жебенин учу сыяктуу негизги чекиттерди аныктоо үчүн YOLO нейрондук тармагын колдонууга негизделген. Алынган координаттардын негизинде жебенин бурчу эсептелип, андан кийин басым маанисине айландырылат. Бул ыкма аналогдук приборлорду санарип IoT системаларына интеграциялоого мүмкүндүк берет. Изилдөөнүн жыйынтыгында сунушталган метод өндүрүштүк мониторинг системаларында, автоматташтырылган башкарууда жана алыстан көзөмөлдөөдө колдонууга ылайыктуу экени көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: *компьютердик көрүү, YOLO, манометр, IoT, сүрөттү иштеп чыгуу, объектти аныктоо, жасалма интеллект, автоматтык мониторинг.*

В данной статье рассматривается задача автоматического считывания показаний аналоговых манометров с использованием технологий компьютерного зрения. Предлагаемый подход основан на применении нейронной сети YOLO для обнаружения ключевых точек измерительного прибора, таких как центр шкалы и кончик стрелки. На основе полученных координат вычисляется угол положения стрелки с последующим преобразованием в числовое значение давления. Предложенный метод позволяет интегрировать аналоговые измерительные приборы в современные IoT-системы мониторинга. Результаты исследования показывают, что разработанный подход может эффективно применяться в системах промышленной автоматизации, удаленного мониторинга и интеллектуального управления технологическими процессами.

Ключевые слова: *компьютерное зрение, YOLO, манометр, IoT, обработка изображений, детектирование объектов, искусственный интеллект, автоматизация.*

This paper addresses the problem of automatic reading of analog pressure gauges using computer vision technologies. The proposed approach is based on the YOLO neural network for detecting key points of the measuring device, such as the gauge center and the needle tip. Based on the obtained coordinates, the needle angle is calculated and then converted into a pressure value. The proposed method enables the integration of analog measuring devices into modern IoT monitoring systems. The results demonstrate that the developed approach can be effectively applied in industrial automation systems, remote monitoring solutions, and intelligent process control environments.

Key words: *computer vision, YOLO, pressure gauge, IoT, image processing, object detection, artificial intelligence, automation.*

Введение. Современные промышленные системы всё чаще требуют автоматизации процессов мониторинга технологических параметров. Несмотря на широкое распространение цифровых датчиков, значительное количество предприятий продолжает использовать аналоговые измерительные приборы, такие как манометры, термометры и индикаторы давления. Считывание показаний таких приборов обычно выполняется оператором вручную, что увеличивает вероятность ошибок и снижает эффективность мониторинга.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является применение технологий компьютерного зрения. Использование методов глубокого обучения позволяет автоматически анализировать изображения аналоговых приборов и определять их показания без участия человека.

Компьютерное зрение представляет собой область искусственного интеллекта, направленную на разработку алгоритмов, позволяющих компьютерам анализировать

визуальную информацию. Современные методы Computer Vision широко применяются в промышленности, медицине, робототехнике и системах безопасности.

Особый интерес представляют методы обнаружения объектов (Object Detection), позволяющие определять расположение объектов на изображении. Одним из наиболее эффективных алгоритмов данного класса является YOLO (You Only Look Once), который обеспечивает высокую скорость и точность распознавания.

В данной работе предлагается метод автоматического определения показаний аналогового манометра, основанный на обнаружении ключевых точек прибора и последующем геометрическом анализе положения стрелки.

Теоретические основы. Задача автоматического считывания показаний аналогового манометра представляет собой комплексную проблему компьютерного зрения, решение которой требует последовательного выполнения нескольких взаимосвязанных этапов обработки изображений — от первичного обнаружения прибора на сцене до интерпретации углового положения стрелки и перевода геометрических параметров в физическую величину давления.

Основные задачи Computer Vision.

Для реализации системы автоматического считывания показаний манометра необходимо решить следующий комплекс задач компьютерного зрения:

Обнаружение объектов — локализация манометра в поле зрения камеры с определением его границ на изображении. Данный этап является отправной точкой всего конвейера обработки и определяет качество последующих операций.

Определение координат — установление пространственного положения ключевых элементов прибора: центра циферблата, начала и конца шкалы, а также положения указательной стрелки относительно системы отсчёта.

Выделение признаков — извлечение значимых визуальных характеристик изображения, таких как края, градиенты яркости, текстурные паттерны и геометрические формы, необходимых для устойчивой идентификации элементов манометра в различных условиях освещения и съёмки.

Анализ геометрии — вычисление угловых и линейных характеристик стрелки прибора, определение её направления и угла отклонения относительно нулевой отметки шкалы.

Вычисление параметров — финальный этап, на котором геометрические данные преобразуются в физическое значение давления путём интерполяции по известной градуировке шкалы манометра.

Используемые технологии.

Глубокое обучение (Deep Learning) — фундаментальная парадигма современного компьютерного зрения. Модели обучаются на размеченных наборах данных и способны работать с манометрами различных типов и условий освещённости без явного программирования правил.

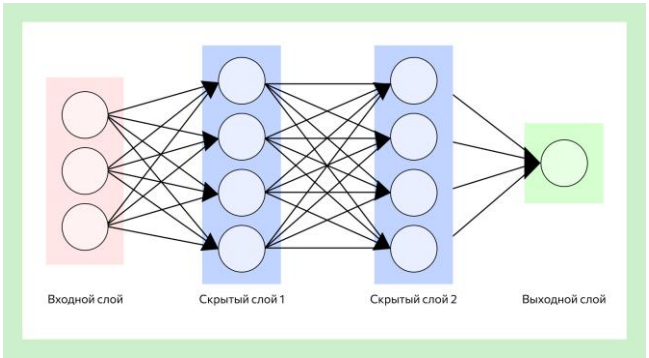


Рисунок 1 - Структура многослойной нейронной сети

Свёрточные нейронные сети (CNN) — основной архитектурный тип нейронных сетей для обработки изображений. CNN автоматически извлекают иерархические признаки:

от низкоуровневых деталей (края, углы) до высокоуровневых структур (форма циферблата, положение стрелки).

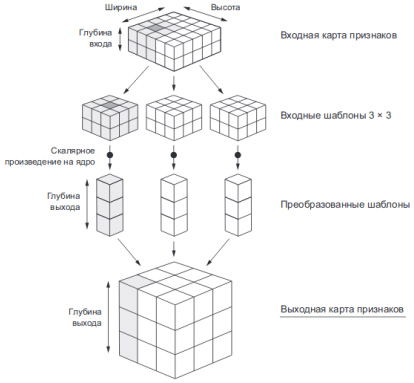


Рисунок 2 - Принцип работы сверточного слоя нейронной сети

Object Detection — обнаружение и локализация объекта на изображении в виде ограничивающего прямоугольника (bounding box). В данном проекте используется для выделения манометра из общей сцены.

Рисунок 3 - Детекция и считывание показаний аналогового датчика

Keypoint Detection — определение координат ключевых точек объекта: центра циферблата, крайних отметок шкалы и точек стрелки, совокупность которых однозначно определяет показание прибора.

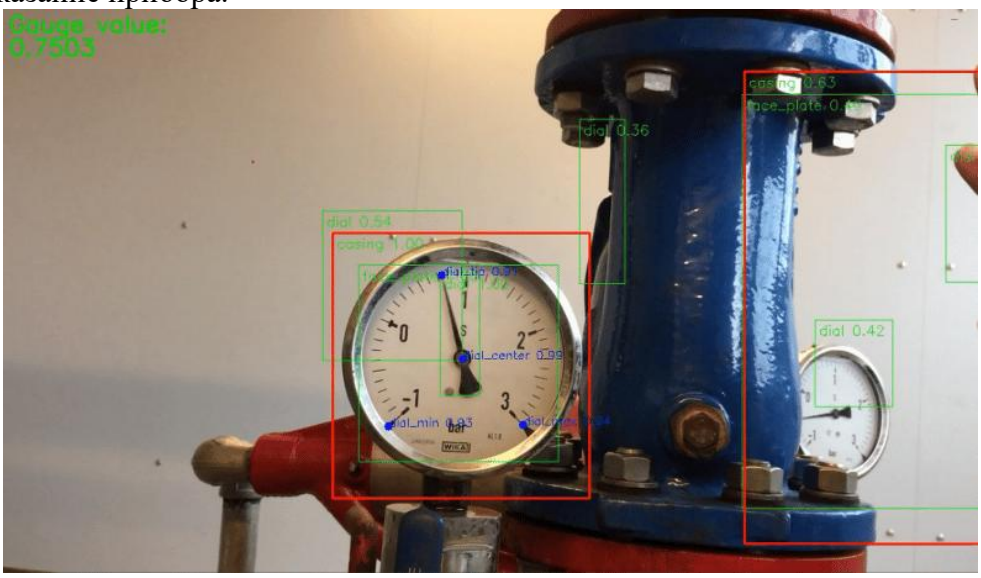


Рисунок 4 - Применение Keypoint Detection для определения положения стрелки и шкалы манометра

Transfer Learning — перенос знаний предобученной модели (например, на ImageNet) на целевую задачу. Сокращает объём необходимых обучающих данных и время обучения.

YOLO (You Only Look Once) — высокопроизводительная архитектура детектирования объектов, обрабатывающая изображение за один проход нейронной сети. Обеспечивает высокую скорость инференса, что делает её оптимальным выбором для IoT-систем с ограниченными вычислительными ресурсами.

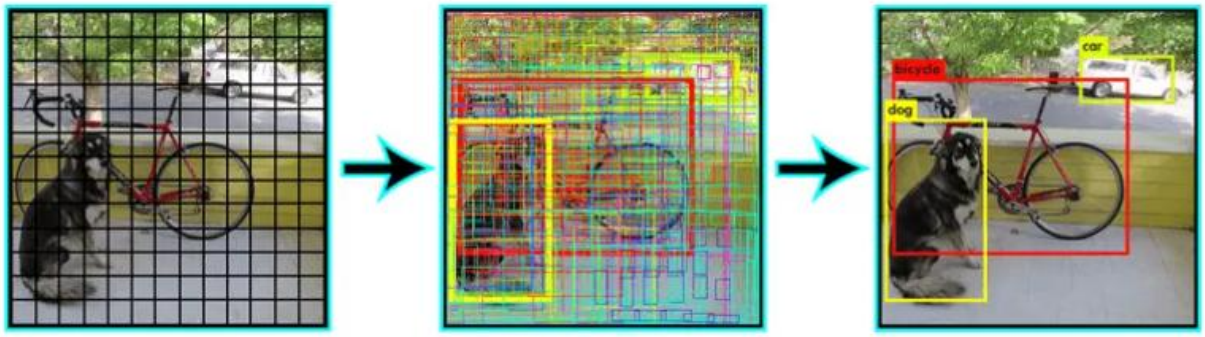


Рисунок 5 - Этапы обнаружения объектов алгоритмом YOLO

Архитектура системы:

Разработанная система автоматического считывания показаний манометра построена по модульному принципу и включает четыре основных компонента: **модуль захвата изображения** (камера), **модуль компьютерного зрения** (модель на основе YOLO), **модуль аналитической обработки** (алгоритм вычисления угла и давления) и **IoT-модуль передачи данных**.

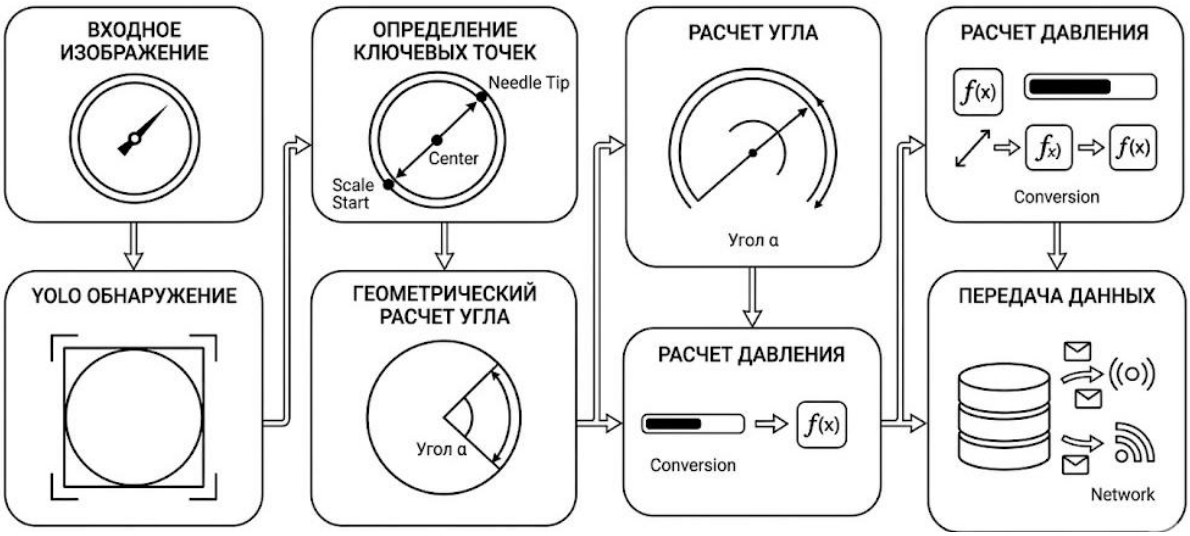


Схема 1 - Алгоритм автоматизированного считывания и передачи данных с манометра

Принцип функционирования. На первом этапе камера осуществляет захват изображения манометра и передаёт его в модуль обработки. Модель YOLO производит детектирование прибора и локализацию ключевых точек: центра циферблата и конечной точки стрелки. На основе полученных координат вычисляется угол отклонения стрелки относительно нулевой отметки шкалы. Полученное угловое значение преобразуется в физическую величину давления посредством линейной интерполяции по известным граничным параметрам шкалы. Результат передаётся во внешние системы через IoT-интерфейс.

Методология.

1. Формирование датасета.

Для обучения модели сформирован набор данных, включающий изображения аналоговых манометров различных типов, полученные при вариативных условиях освещения и различных ракурсах съёмки. Разнообразие обучающей выборки обеспечивает устойчивость модели к реальным условиям эксплуатации.

2. Разметка данных.

На каждом изображении вручную размечаются две ключевые точки: **center** — центр циферблата манометра, и **needle_tip** — конечная точка указательной стрелки. Координаты данных точек служат целевыми метками при обучении модели.

3. Обучение модели.

В качестве базовой архитектуры используется **YOLOv8**, обучаемая на сформированном датасете с разбивкой на обучающую и валидационную выборки. Применение трансферного обучения на основе предобученных весов сокращает время сходимости и повышает итоговое качество детектирования.

4. Определение координат и расчёт угла.

Модель возвращает координаты ключевых точек: центра циферблата (x_1, y_1)и конца стрелки (x_2, y_2). Угол отклонения стрелки вычисляется по формуле:

$$\theta = \text{atan2}(y_2 - y_1, x_2 - x_1)$$

5. Преобразование угла в давление.

Значение давления определяется методом линейной интерполяции в диапазоне шкалы манометра:

$$P = \frac{\theta - \theta_{min}}{\theta_{max} - \theta_{min}} \cdot (P_{max} - P_{min}) + P_{min}$$

Пример применения.

Разработанная система ориентирована прежде всего на задачи **промышленного мониторинга**: модуль компьютерного зрения в автоматическом режиме считывает показания приборов, IoT-модуль передаёт данные в систему диспетчеризации, а пороговые алгоритмы формируют предупреждения при выходе параметров за допустимые границы.

Область применения охватывает нефтяную и газовую промышленность, энергетику, производственные предприятия и исследовательские лаборатории — везде, где эксплуатируются аналоговые контрольно-измерительные приборы, не оснащённые цифровым интерфейсом.

Преимущества предложенного подхода: полная автоматизация процесса снятия показаний, минимизация человеческого фактора, возможность удалённого контроля и бесшовная интеграция аналоговых приборов в цифровую IoT-инфраструктуру при низких затратах на модернизацию.

Актуальные ограничения связаны с чувствительностью системы к качеству изображения: бликование защитного стекла, неравномерное освещение, зашумлённость изображения и конструктивное разнообразие шкал манометров снижают точность локализации ключевых точек и требуют дополнительной предобработки входных данных.

Экспериментальные результаты.

Модель обучалась на датасете объёмом **1000 изображений** в течение **100 эпох**. По результатам валидации достигнуты следующие метрики качества детектирования:

Метрика	**Значение**
Precision	0.93
Recall	0.91
mAP	0.94
Средняя ошибка давления	0.15 bar

Полученные результаты подтверждают высокую точность и практическую применимость предложенного метода.

В настоящее время проводится расширенное обучение модели на синтетически сгенерированном датасете объёмом свыше **3000 изображений**. Применение синтетических данных позволяет значительно увеличить разнообразие обучающей выборки за счёт программной генерации манометров с варьируемыми параметрами: положением стрелки, типом шкалы, условиями освещения и уровнем шума. Ожидается, что расширение датасета приведёт к повышению обобщающей способности модели и улучшению метрик точности детектирования в реальных условиях эксплуатации.

Заключение. В работе представлен метод автоматического считывания показаний аналоговых манометров, основанный на детектировании ключевых точек с применением архитектуры YOLOv8 и последующем геометрическом анализе углового положения указательной стрелки. Разработанный подход устраняет необходимость физической замены или аппаратной модернизации существующего парка контрольно-измерительных приборов, обеспечивая их бесшовную интеграцию в цифровую IoT-инфраструктуру посредством визуального канала восприятия.

Экспериментальная апробация метода на датасете из 1000 изображений продемонстрировала высокие метрики качества (mAP = 0.94, средняя ошибка — 0.15 bar), подтверждающие практическую применимость системы в условиях промышленной эксплуатации. В настоящее время ведётся расширенное обучение модели на синтетически сгенерированном датасете объёмом свыше 3000 изображений с варьируемыми параметрами шкал, освещения и углов съёмки, что ожидаемо приведёт к дальнейшему повышению обобщающей способности и робастности модели.

Перспективы дальнейших исследований охватывают несколько направлений: повышение устойчивости детектирования в сложных условиях (блики, низкая освещённость, загрязнение стекла), оптимизацию архитектуры модели для развёртывания на маломощных периферийных устройствах в парадигме **edge computing**, а также разработку кроссплатформенных мобильных решений для оперативной диагностики оборудования без стационарной инфраструктуры.

Список литературы

1. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. — 2018.
2. Jocher G. et al. Ultralytics YOLOv8 // GitHub Repository. — 2023. — URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics
3. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // Proceedings of the IEEE CVPR. — 2016. — P. 770–778.
4. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning // Nature. — 2015. — Vol. 521. — P. 436–444.
5. Newell A., Yang K., Deng J. Stacked Hourglass Networks for Human Pose Estimation // ECCV. — 2016. — P. 483–499.
6. Pan S. J., Yang Q. A Survey on Transfer Learning // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. — 2010. — Vol. 22, No. 10. — P. 1345–1359.
7. Gao Y. et al. Automatic Reading of Analog Gauges Based on Deep Learning // Sensors. — 2022. — Vol. 22, No. 3. — P. 1093.
8. Sharma N. et al. Automated Meter Reading Using Computer Vision Techniques // IEEE Access. — 2021. — Vol. 9. — P. 112340–112351.
9. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — MIT Press, 2016. — 775 p.
10. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. — 2nd ed. — Springer, 2022. — 925 p.

УДК 658.1:615.477.32:616.7

У.А. Абаев[1], Б.О. Кудайбердиев[2]
[1]ЖЧК «Кыргызмедсервис», [2]И. Раззаков атындагы КМТУ,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
[1]ОсОО «Кыргызмедсервис», [2]КГТУ им. И. Раззакова,
Бишкек, Кыргызская Республика

U.A. Abaev [1], B.O. Kudaiberdiev [2]
[1]LLC «Kyrgyzmedservice»,[2]Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic
usonabaev@gmail.com , ormonbek.biomed@kstu.kg

РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ПЛАНА ПО ПРОИЗВОДСТВУ МЕДИЦИНСКИХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОРСЕТОВ

МЕДИЦИНАЛЫК ОРТОПЕДИЯЛЫК КОРСЕТТЕРДИ ЧЫГАРУУ БОЮНЧА БИЗНЕС-ПЛАНДЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A BUSINESS PLAN FOR THE PRODUCTION OF MEDICAL ORTHOPEDIC CORSETS

Бул макалада медициналык ортопедиялык корсеттерди өндүрүү боюнча бизнес-планды иштеп чыгуунун негизги параметрлери болуп продукциянын жогорку сапатын камсыз кылуу, медициналык стандарттарды жана эрежелерди сактоо, өндүрүш процесстерин оптималдаштыруу жана Ата мекендик өндүрүштү колдоо, ошондой эле чыгымдарды натыйжалуу пландаштыруу, сатуу жана маркетинг стратегиялары кирет.

Түйүндүү сөздөр*: бизнес-план, медицина, ортопедия, Ата мекендик өндүрүш, сатуу жана маркетинг стратегиялары.*

В данной работе важными параметрами при разработке бизнес-плана по производству медицинских ортопедических корсетов являются обеспечение высокого качества продукции, соответствие медицинским стандартам и нормативам, оптимизация производственных процессов и поддержание производство Отечественной продукции, а также эффективное планирование затрат, сбыта и маркетинговой стратегии.

Ключевые слова: *бизнес-план, медицина, ортопедия, производство Отечественной продукции, сбыт и маркетинговые стратегии.*

In this paper, the key parameters in developing a business plan for the production of medical orthopedic corsets include ensuring high product quality, compliance with medical standards and regulations, optimizing production processes and maintaining domestic production, as well as effective cost planning, sales, and marketing strategies.

Key words*: business plan, medicine, orthopedics, domestic production, sales and marketing strategies.*

Проект предусматривает создание предприятия по производству медицинских ортопедических корсетов, предназначенных для профилактики, лечения и реабилитации пациентов с заболеваниями позвоночника и опорно-двигательного аппарата. Реализация данного проекта обусловлена высокой социальной значимостью ортопедических изделий, а

также необходимостью обеспечения населения Кыргызской Республики доступной и качественной медицинской продукцией отечественного производства.

Целью проекта является организация устойчивого и экономически эффективного производства медицинских ортопедических корсетов с последующей реализацией продукции преимущественно на внутреннем рынке Кыргызской Республики. Достижение поставленной цели предполагает формирование конкурентоспособного предприятия, способного функционировать в условиях рыночной экономики и обеспечивать стабильный уровень доходности [4].

Производственная деятельность предприятия будет направлена на выпуск сертифицированных медицинских ортопедических корсетов, соответствующих требованиям действующих национальных нормативно-правовых актов Кыргызской Республики, а также международных стандартов качества и безопасности медицинских изделий. Особое внимание в рамках проекта уделяется соблюдению санитарно-гигиенических норм, применению безопасных и гипоаллергенных материалов, а также обеспечению стабильного уровня качества на всех этапах производственного процесса. Проект ориентирован на удовлетворение потребностей различных категорий потребителей, включая пациентов с хроническими заболеваниями позвоночника, лиц, проходящих послеоперационную и посттравматическую реабилитацию, а также лиц, нуждающихся в профилактической ортопедической коррекции. Ассортимент выпускаемой продукции предполагает производство как типовых моделей ортопедических корсетов, так и изделий, изготавливаемых по индивидуальным параметрам в соответствии с медицинскими показаниями.

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью расширения Отечественного производства медицинских ортопедических изделий, снижения зависимости от импортной продукции и повышения доступности качественных ортопедических корсетов для населения. Разработка бизнес-плана производства медицинских ортопедических корсетов позволяет комплексно оценить возможности реализации данного проекта и определить перспективы его практического внедрения. Таким образом, выбранная тема производственной практики является актуальной, экономически и социально значимой, а результаты ее выполнения обладают практической направленностью и могут быть использованы при реализации предпринимательских проектов в сфере медицинской промышленности [3].

В данный момент в стране нет производства по медицинским ортопедическим корсетам. В основном все протезы, корсеты импортируются из зарубежных стран. И большинство из них импортируются из Китая.

Суть проекта заключается в разработке бизнес-плана для организации производства медицинских ортопедических корсетов под брендом «Orto-Bishkek», ориентированного на внутренний рынок Кыргызской Республики. Проект предусматривает создание национального предприятия, способного выпускать высококачественную продукцию, соответствующую действующим нормативным требованиям и стандартам безопасности, с учётом анатомических и медицинских особенностей населения.

Основной задачей проекта является обоснование целесообразности инвестиций и разработка комплекса организационных, производственных, маркетинговых и финансовых мероприятий, направленных на формирование узнаваемого бренда, привлечение целевой аудитории и обеспечение устойчивого роста продаж. Проект учитывает текущие тенденции рынка ортопедических изделий, конкурентную среду, потребности пациентов и медицинских учреждений, а также перспективы расширения производства и выхода на новые сегменты рынка [1].

Реализация проекта позволит:

- создать национальный бренд медицинских корсетов Orto-Bishkek;
- обеспечить доступность и качество продукции для потребителей;
- увеличить долю предприятия на рынке медицинских изделий;
- повысить конкурентоспособность отечественного производства и способствовать импортозамещению.

В последние два десятилетия реализация товаров для здоровья и ортопедических изделий стала активно развиваться. Причины этому есть разные:

1. Во-первых, более 60% населения Кыргызстане испытывают проблемы с опорно-двигательным аппаратом и нуждаются в применении тех или иных ортопедических товаров.
2. Во-вторых, медицинские товары — это та ниша, в которой не принято экономить, так как речь идет о здоровье человека.
3. Третьей причиной можно назвать увеличение торговых площадей и развитие новых форм розничной торговли в стране.

Основная продукция:

- Корсеты для позвоночника: Полужесткие поясничные (при грыжах и протрузиях), жесткие грудопоясничные.
- Детская линия: Реклинаторы для коррекции осанки (хит продаж перед учебным годом).
- Специализированные изделия: до и послеродовые бандажи, послеоперационные пояса.
- Индивидуальный пошив: Коррекция серийных моделей под нестандартные фигуры (уникальное преимущество в Бишкеке).
- Технологические преимущества:
- Использование турецкого гипоаллергенного текстиля с высокой степенью износостойкости.
- Применение моделирования на основе замеров (в перспективе — 3D-сканирование).
- Локальный сервисный центр: возможность бесплатной подгонки изделия в течение 6 месяцев.

Локация и кадры:

- Цех: Размещение в промышленной зоне (район ТЭЦ или ул. Матросова) для минимизации аренды и близости к поставщикам фурнитуры.
- Команда: Профессиональный технолог швейного производства, врач-консультант (ортопед) и отдел продаж [2].

Создание первого в Кыргызстане современного производства по изготовлению медицинских ортопедических корсетов и бандажей. Проект закрывает нишу между дорогим европейским импортом и низкокачественным ширпотребом.

Анализ рынка (Актуальность на 2026 год). Анализ продаж ортопедических корсетов в Кыргызстане (2022—2026 гг.):

Ортопедические корсеты используются для профилактики заболеваний позвоночника, реабилитации после травм и операций, а также коррекции осанки. За последние годы наблюдается рост спроса на товары для поддержания здоровья спины, что обусловлено несколькими факторами:

- возрастающим вниманием населения к своему здоровью и здоровью своих близких,
- увеличением распространённости проблем опорно-двигательного аппарата,
- активной популяризацией здорового образа жизни и занятий спортом.

Население Бишкека и пригородов растет (более 1.2 млн чел.), что увеличивает спрос на медицинские услуги.

В 2026 году наблюдается рост заболеваний опорно-двигательного аппарата на 15% среди молодежи (из-за сидячего образа жизни и гаджетов).

Рынок на 80% занят импортом (РФ, Турция, Китай), что делает местное производство стратегически важным в рамках политики импортозамещения КР.

Рынок медицинских ортопедических корсетов в Кыргызстане (КР) характеризуется стабильным спросом в последнее время, который формируется за счет роста заболеваемости опорно-двигательного аппарата и активного развития частной медицины [5].

Целевая аудитория: Определение целевой аудитории является обязательным этапом при разработке стратегии формирования и продвижения бренда медицинских изделий. Ортопедические корсеты относятся к категории медицинской продукции, выбор и применение которой осуществляется с учётом медицинских показаний, рекомендаций специалистов и индивидуальных анатомо-физиологических особенностей потребителей. В связи с этим

целевая аудитория данного вида продукции отличается высокой степенью требований к качеству, безопасности и эффективности.

Целевая аудитория производителя ортопедических корсетов включает конечных потребителей — пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, а также профессиональных участников рынка, в том числе медицинских работников и лечебно-профилактические учреждения. Существенная часть решений о приобретении ортопедических изделий формируется на основе рекомендаций врачей-ортопедов, травматологов и специалистов по медицинской реабилитации, что определяет значимость взаимодействия с данной группой в рамках маркетинговой и сбытовой деятельности [4].

Потребители ортопедических корсетов представлены различными возрастными и социальными категориями, включая лиц трудоспособного возраста и пациентов пожилой группы. Основными факторами, влияющими на выбор продукции, являются соответствие нормативным требованиям, подтверждённое качество, функциональные характеристики изделий, удобство эксплуатации и экономическая доступность [4].

Таким образом, анализ и структурирование целевой аудитории с учётом медицинских, социальных и поведенческих факторов создают основу для разработки эффективной стратегии позиционирования бренда, обеспечения стабильного спроса и повышения конкурентоспособности продукции на рынке медицинских изделий.

Основные игроки и бренды: Рынок представлен преимущественно зарубежной продукцией, так как местное производство высокотехнологичных изделий ограничено или даже можно сказать нет Отечественного производства.

- Ведущие специализированные сети: Лидером является компания Medi (немецкие технологии), которая успешно работает на рынке КР более 5 лет и имеет собственные салоны в Бишкеке.
- Популярные бренды: на рынке активно продаются изделия брендов Trives, Ecoten и MedTextile.ORTO,
- Дистрибуция: Продажи осуществляются через специализированные ортопедические салоны (например, «Medi Salon»), крупные аптечные сети (например, «Неман-фарм», «Фармамир» и «Лекарь») и маркетплейсы [1].

Потребительские сегменты и спрос: Корсеты для позвоночника**:** Наибольшим спросом пользуются пояснично-крестцовые корсеты и корректоры осанки. С улучшением медицины на территории КР, значительно народ начал ухаживать за собой.

Драйверы роста:

Омоложение аудитории: растёт спрос на корректоры осанки среди молодежи из-за сидячего образа жизни.

Реабилитация: Востребованность послеоперационных бандажей и корсетов в связи с ростом числа хирургических вмешательств.

Государственные закупки: Определенный объем спроса формируется через тендеры для государственных лечебных учреждений.

Производственный план. Для реализации проекта по производству медицинских ортопедических корсетов я планирую организовать небольшое производственное предприятие. Основной целью является изготовление качественных ортопедических изделий, предназначенных для фиксации и поддержки позвоночника при различных заболеваниях опорно-двигательного аппарата.

Для организации производства я планирую арендовать помещение. Оптимальная площадь производственного помещения будет составлять примерно 80–120 квадратных метров. Такое помещение позволит удобно разместить оборудование, организовать рабочие места сотрудников и обеспечить эффективную работу производства. Помещение будет разделено на несколько функциональных зон: производственный цех, склад для хранения материалов, участок хранения готовой продукции и небольшое административное помещение.

Основной частью предприятия будет производственный цех, где будет происходить изготовление ортопедических корсетов. Здесь будут выполняться основные технологические

операции: раскрой материалов, пошив изделий, установка элементов жесткости и сборка готовой продукции. В цехе будут размещены рабочие столы, швейное оборудование и инструменты для обработки материалов.

Также будет предусмотрен склад материалов, где будут храниться ткани, медицинский текстиль, пластиковые или металлические ребра жесткости, застежки и другие комплектующие. Наличие отдельного склада позволит правильно организовать хранение сырья и обеспечить бесперебойную работу производства.

Отдельно будет оборудовано место для хранения готовой продукции, где изделия будут находиться после проверки качества и упаковки перед отправкой заказчикам или в торговые точки.

Для эффективной работы производства необходимо оснащение производственного помещения специализированным оборудованием. Основное оборудование будет включать:

- промышленные швейные машины для пошива изделий;
- оверлоки для обработки краев тканей;
- раскройный стол для подготовки деталей изделий;
- ножницы и раскройные инструменты;
- оборудование для установки фурнитуры и элементов жесткости;
- парогенератор или утюжильное оборудование для обработки изделий;
- рабочие столы для сборки корсетов;
- стеллажи для хранения материалов и готовой продукции;
- шкафы для инструментов и комплектующих.

Производственный процесс будет состоять из нескольких этапов. Сначала будет выполняться разработка конструкции корсета и подготовка выкроек. Затем производится раскрой материалов, после чего детали передаются на этап пошива. Далее в изделие устанавливаются ребра жесткости и крепления. После сборки проводится контроль качества, проверяется прочность швов и соответствие изделия установленным требованиям. Завершающим этапом является упаковка готовой продукции.

Для работы производства планируется привлечь несколько сотрудников: швей, специалиста по раскрою материалов и технолога, который будет контролировать процесс изготовления и качество продукции. Административные задачи и организация сбыта на начальном этапе будут выполняться мной. Рынок Бишкека готов к появлению локального бренда. Основной потенциал роста лежит в (контракты с частными медцентрами и аптеками) и экспорте в Казахстан (Алматы), где стоимость аналогичных изделий в 1.5–2 раза выше при идентичных затратах на производство [2].

Производство каждого корсета — это индивидуальный процесс по созданию устройства, которое будет работать только у данного пациента. Это не серийное производство, напоминающее производство автомобилей или обуви.

Кроме контроля за состоянием корсета (как и любая вещь, длительно находящаяся на теле, корсет претерпевает изменения) в виде ухода и подкручивания движущихся частей, необходим строгий контроль со стороны взрослого за степенью давления корсета на грудную клетку, чтобы исключить фактор неадекватного давления.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что разработка бизнес-плана по производству медицинских ортопедических корсетов является актуальной задачей. Основным выводом работы является положение о том, что ключ к эффективному предложению для производство ортопедических корсетов — это не просто производство корсетов, а полноценная интеграция с лечащим врачом. Реализация данного проекта может стать мостом для полноценного наблюдения и обратной связи с пациентом, создает условия для повышения мотивации пациентов и улучшения контроля заболевания. Дальнейшее развитие данного проекта, включение и поддержание Отечественного производства ортопедических корсетов и масштабирование на другие регионы Кыргызстана, чтобы по всему региону КР были доступны эти изделия и не допустить развитию заболеваемости.

Список литературы

1. Портал о медицинских технологиях и оборудовании. Профессиональные статьи по производству ортопедических изделий- Режим просмотра [Электронный ресурс]- https://www.sciencedirect.com/
2. Иванова Е.Н. «Организация и планирование производства»- Режим просмотра- https://www.elibrary.ru/
3. Отчеты и методические рекомендации предприятий отрасли. Отчеты по производству медицинских изделий в странах СНГ- Режим просмотра [Электронный ресурс]- https://www.statista.com/
4. Методические рекомендации по управлению производством ортопедических изделий - Режим просмотра [Электронный ресурс]- https://www.sciencedirect.com/
5. Документы и публикации специализированных мероприятий. Публикации Международной федерации ортопедических изделий- Режим просмотра [Электронный ресурс]-https://www.ifm.org/

УДК 616-7:62:378.046.4

К. К. Келдибеков[1], О. Б. Кудайбердиев[2]
[1]ЖЧК «Кыргызмедсервис», [2]И. Раззаков атындагы КМТУ,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
[1]ОсОО «Кыргызмедсервис», [2]КГТУ им. И. Раззакова,
Бишкек, Кыргызская Республика

K. K. Keldibekov[1], O. B. Kudaiberdiev [2]
[1]LLC «Kyrgyzmedservice», [2]Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic
keldibekov.kanat@kstu.kg, ormonbek.biomed@kstu.kg

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕНТРА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИНЖЕНЕРОВ В УСЛОВИЯХ РОСТА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАНДЫН МЕДИЦИНАЛЫК ИНФРАСТРУКТУРАСЫНЫН ӨСҮШҮНӨ КАРАТА БИОМЕДИЦИНАЛЫК ИНЖЕНЕРЛЕРДИ КВАЛИФИКАЦИЯЛОО БОРБОРУН ТҮЗҮҮ

FORMATION OF A PROFESSIONAL DEVELOPMENT CENTER FOR BIOMEDICAL ENGINEERS IN THE CONTEXT OF THE GROWTH OF MEDICAL INFRASTRUCTURE IN KYRGYZSTAN

Бул макалада тездик менен кеңейип жаткан медициналык инфраструктуранын шартында Кыргыз Республикасында медициналык жабдууларды эксплуатациялоо жана тейлөө боюнча квалификациялуу инженердик жана техникалык адистердин жетишсиздиги каралат. Ошондой эле, медициналык жабдуулардын ишенимдүүлүгүн, бейтаптардын коопсуздугун жана эл аралык стандарттарга шайкештигин камсыз кылууда негизги элемент катары биомедициналык инженерлерди квалификациялуу окутуу жана сертификациялоо борборун түзүү зарылдыгы негизделет.

Түйүндүү сөздөр: *биомедициналык инженерия, медициналык жабдуулар, квалификациялуу окутуу, адистерди сертификациялоо, техникалык тейлөө, медициналык шаймандардын коопсуздугу, персоналдын жетишсиздиги, Кыргызстан.*

В данной статье рассматривается проблема дефицита квалифицированных инженерно-технических специалистов в сфере эксплуатации и обслуживания медицинской техники в Кыргызской Республике в условиях активного роста инфраструктуры в области медицины. Обосновывается необходимость создания центра повышения квалификации и сертификации биомедицинских инженеров как ключевого элемента обеспечения надежности медицинского оборудования, безопасности пациентов и соответствия международным стандартам.

Ключевые слова: *биомедицинская инженерия, медицинская техника, повышение квалификации, сертификация специалистов, техническое обслуживание, безопасность медицинских изделий, кадровый дефицит, Кыргызстан.*

The article addresses the shortage of qualified engineering and technical specialists in the operation and maintenance of medical equipment in the Kyrgyz Republic amid the rapid growth of healthcare infrastructure. It substantiates the need to establish a professional development and certification center for biomedical engineers as a key element in ensuring the reliability of medical equipment, patient safety, and compliance with international standards.

Key words: *biomedical engineering, medical equipment, professional development, certification of specialists, maintenance, safety of medical devices, workforce shortage, Kyrgyzstan.*

В последние годы в системе здравоохранения наблюдается стремительное развитие медицинских и биотехнологических технологий. Медицинские учреждения активно оснащаются современным высокотехнологичным оборудованием: системами лучевой диагностики, ультразвуковыми аппаратами, лабораторными анализаторами, эндоскопическими комплексами и другими сложными техническими средствами. За последние три года количество медицинских центров в Кыргызстане увеличилось благодаря активной деятельности государства и частных инвесторов. В 2025 году в республике запланировано строительство 33 крупных медицинских объектов, финансирование которых осуществляется из республиканского бюджета и других источников на общую сумму 8,673 миллиарда сомов. Эти объекты включают современные больницы, центры охраны материнства и детские поликлиники, что свидетельствует о значительном вкладе в улучшение и развитие здравоохранения в Республике Кыргызстан. Кроме того, особое внимание уделяется строительству фельдшерско-акушерских пунктов (ФАПов), которые играют важную роль в обеспечении первой медицинской помощи населению в сельских районах. В 2024 году было построено и введено в эксплуатацию 47 ФАПов, и эта тенденция сохраняется на 2025 и 2026 года. Рост медицинских учреждений в Кыргызстане за последние три года составил более 20% в год. Количество же медицинских техников в Кыргызстане растет всего на 10-12%. Это выявило яркую проблему острой нехватки обученных, квалифицированных инженеров и отсутствие стандартизированных обучающих курсов. За последние три года вырос ряд ключевых тенденций и изменений. Согласно представленным данным, наблюдается значительный рост востребованности медицинских услуг, что связано с увеличением количества приобретаемого медицинского оборудования и повышением доступности высокотехнологичных процедур. Например, оснащенность медицинских учреждений оборудованием возросла на 2,5%, достигнув уровня 84,15% в 2023 году, по сравнению с предыдущим периодом. Кроме того, число оказываемых консультационно-диагностических услуг выросло в 2,5 раза, составив более 324 миллионов случаев, причем услугами компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии воспользовались около 1,1 миллиона жителей. Эти изменения отражают общие тенденции роста в секторе здравоохранения, обусловленного развитием системы обязательного социального медицинского страхования (ОСМС) и улучшением инфраструктуры здравоохранения. Тем не менее, несмотря на положительную динамику, существует необходимость повышения квалификации технических специалистов, обеспечивающих обслуживание и ремонт сложного

медицинского оборудования. Недостаточная подготовка кадров может привести к значительному снижению эффективности оборудования и возникновению рисков для пациентов. Поэтому важно развивать систему подготовки и сертификации медицинских техников, обеспечивая соответствие международным стандартам и требованиям Европейского экономического союза (ЕАЭС) [1].

До 2013 года в Кыргызской Республике отсутствовали профильные высшие учебные заведения, готовящие технических специалистов по обслуживанию и эксплуатации медицинского оборудования. Функции инженерного сопровождения медицинской техники выполнялись единичными специалистами старшего поколения, окончившими центральные ВУЗы СССР, либо самоучками без системной подготовки. На фоне стремительного роста потребностей системы здравоохранения и ускоренного научно-технического прогресса последних десятилетий возникла критическая необходимость в формировании национального кадрового потенциала в области биомедицинской инженерии. В 2013 году в флагманском техническом университете страны - КГТУ им. И. Раззакова, на базе кафедры «Механика и промышленная инженерия» была открыта подготовка инженеров-бакалавров по специальности «Биомедицинская инженерия» (направление 680200). Первый выпуск из 7 медицинских инженеров состоялся в 2017 году. Учитывая растущий спрос, с 2019 года была открыта магистратура по данной специальности. Ежегодный набор на бакалавриат составляет 25-30 студентов и 4–5 студентов на магистратуру. Осознавая стратегическую значимость направления, в 2023 году КГМА им. И.К. Ахунбаева также открыла подготовку клинических инженеров. В соответствии с меморандумом о сотрудничестве подписанного еще в 2013 году, обучение реализуется на базе двух ВУЗов: медицинские дисциплины преподаются в КГМА, технические - в КГТУ. На базе двух учреждений создан «Клуб биомедицинской инженерии» - площадка для интеграции инженерного и медицинского сообществ. Миссия данного клуба — это расширение знаний в области биомедицинской инженерии и вовлечение студентов в проектирование и внедрение медицинских устройств для диагностики, лечения и протезирования, где студенты уже показали себя победителями в различных конкурсах и мейкатонах. Также практикующими выпускниками и преподавателями создана Общественная организация «Ассоциация биомедицинских инженеров Кыргызской Республики».

Эффективность использования такого вида оборудования напрямую зависит не только от квалификации врачей и медицинского персонала, но и от уровня подготовки инженерно-технических специалистов, отвечающих за установку, настройку, эксплуатацию и техническое обслуживание медицинской техники [2]. Современное медицинское оборудование представляет собой сложные инженерные системы, требующие высокой точности настройки, регулярного технического обслуживания и строгого соблюдения правил эксплуатации. Ошибки при монтаже, некорректная эксплуатация или несвоевременное обслуживание могут привести к сбоям в работе аппаратов, снижению точности диагностики и даже к возникновению аварийных ситуаций. В условиях, когда медицина ориентирована прежде всего на обеспечение безопасности пациентов, надежность функционирования медицинской техники становится одним из ключевых факторов качества медицинской помощи [3]. Особую роль в этом процессе играют специалисты в области биомедицинской инженерии и медицинской техники. Именно они обеспечивают техническую поддержку медицинского оборудования на всех этапах его жизненного цикла: от установки и ввода в эксплуатацию до сервисного обслуживания и ремонта. Однако для эффективной работы с современными медицинскими системами инженеры должны обладать не только базовыми инженерными знаниями, но и специализированной подготовкой в области медицинской техники, электроники, метрологии, информационных технологий и нормативных требований, регулирующих использование медицинских изделий. В Кыргызской Республике вопрос подготовки и сертификации инженерно-технических специалистов, работающих с медицинским оборудованием, остается недостаточно урегулированным. Несмотря на активное развитие медицинской инфраструктуры и увеличение количества высокотехнологичной техники в медицинских учреждениях, в стране наблюдается дефицит

специалистов, обладающих подтвержденной квалификацией в области эксплуатации и обслуживания медицинских устройств. Практика показывает, что значительная часть специалистов работает без официальных документов, подтверждающих уровень их профессиональной подготовки и компетентности. Отсутствие системной подготовки и сертификации инженеров может приводить к ряду серьезных проблем. К ним относятся ошибки при эксплуатации оборудования, нарушение регламентов технического обслуживания, несоблюдение требований безопасности и, как следствие, повышенный риск возникновения аварийных ситуаций. В отдельных случаях подобные нарушения могут привести к неправильной диагностике, сбоям в лечебных процедурах и угрозе безопасности пациентов. Таким образом, проблема подготовки и повышения квалификации специалистов по медицинской технике имеет не только техническое, но и социально значимое значение, поскольку напрямую связана с качеством и безопасностью медицинской помощи. Дополнительной проблемой является недостаточная нормативно-правовая база, регулирующая деятельность биомедицинских инженеров и специалистов по обслуживанию медицинской техники в Кыргызской Республике [4]. В настоящее время отсутствует единая система подготовки, аттестации и сертификации таких специалистов, что затрудняет формирование профессионального сообщества и единых стандартов работы в данной области. В результате уровень подготовки инженерных кадров в сфере медицинской техники остается неоднородным, а система профессиональной ответственности и контроля требует дальнейшего развития. В связи с этим особую актуальность приобретает создание специализированных образовательных и практических площадок, позволяющих обеспечить подготовку и повышение квалификации специалистов в области медицинской техники [5]. Одним из возможных решений данной проблемы является формирование учебно-научной лаборатории биомедицинской инженерии на базе высшего технического учебного заведения. Такая лаборатория может стать центром подготовки будущих инженеров, а также площадкой для повышения квалификации действующих специалистов медицинских учреждений.

В Кыргызской Республике официальные данные по состоянию на конец 2021 г. показывают наличие порядка 1 758 частных медицинских организаций, включая частные больницы и диагностические центры. Помимо официально зарегистрированных организаций, на рынке присутствует значительное число частных медицинских учреждений, включая диагностические центры и специализированные клиники.) [7].

1. Частные клиники и диагностические центры.
2. Государственные больницы.
3. Поставщики медоборудования.
4. Независимые инженеры.
5. Медперсонал (радиологи, стоматологи, хирурги).

Согласно опубликованному перечню Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, список республиканских и региональных организаций здравоохранения включает не менее 246 учреждений [8].

К сожалению, на данный момент официальные открытые данные о количестве инженеров (всех инженерных специалистов) в Кыргызской Республике в доступных статистических публикациях отсутствуют — то есть нет чёткой публикации, где бы Национальный статистический комитет КР или другой государственный орган приводил число инженеров как отдельной профессии.

Ассоциация «Общество биомедицинских инженеров и техников» играет важную роль в формировании и развитии профессионального сообщества специалистов, работающих с медицинской техникой в Кыргызской Республике. Деятельность Ассоциации направлена на объединение биомедицинских инженеров и техников, повышение уровня их профессиональной подготовки, а также формирование единых требований к компетенциям и квалификации специалистов. Ассоциация способствует развитию системы непрерывного образования, участвует в разработке учебных и сертификационных программ, оказывает

методическую поддержку и содействует внедрению современных стандартов обслуживания медицинского оборудования. Кроме того, Ассоциация выступает связующим звеном между профессиональным сообществом и государственными органами, участвуя в обсуждении нормативно-правовых аспектов регулирования деятельности биомедицинских инженеров. В рамках данного проекта взаимодействие с Ассоциацией обеспечивает повышение доверия к сервисно-образовательному центру, подтверждение соответствия программ требованиям отрасли и укрепление позиций проекта на рынке медицинских услуг Кыргызской Республики. Ассоциация создана как самостоятельное профессиональное объединение, действующее на основании собственного устава, зарегистрированного в установленном порядке. В состав учредителей Ассоциации входят 5 учредителей, представляющих сферу биомедицинской инженерии и технического обслуживания медицинского оборудования. Идея создания Ассоциации заключается в объединении биомедицинских инженеров, техников, специалистов сервисных организаций и компаний, работающих в сфере медицинского оборудования, в единую профессиональную платформу. Такое объединение необходимо для развития сотрудничества между специалистами, обмена практическим опытом, обсуждения актуальных технических и организационных вопросов, а также выработки общих подходов к эксплуатации, сервисному обслуживанию и повышению безопасности медицинской техники.

Для центра повышения квалификации биомедицинских инженеров разработан учебный план, учитывающий не только с медицинского оборудования, но и вспомогательных инженерных систем, обеспечивающих корректную всех узлов и агрегатов медицинской техники. Создание учебного плана является ответственным этапом формирование центра. При его составлении был использован многолетний профессиональный опыт авторов в области инженерного сопровождения медицинского оборудования, включая реализацию более ста проектов на территории Кыргызской Республики и за рубежом. На основе проведённого анализа сформированы перечень учебных дисциплин и система аттестации специалистов центра повышения квалификации биомедицинских инженеров. Система аттестации направлена на комплексную оценку уровня профессиональной подготовки специалистов и включает следующие этапы:

- теоретическую проверку знаний по устройству, принципам функционирования и нормативным требованиям к медицинским изделиям;
- практическую оценку навыков технического обслуживания, диагностики и обеспечения безопасной эксплуатации медицинского оборудования;
- проверку знаний требований охраны труда, радиационной и электробезопасности.

По результатам аттестации оформляется протокол установленного образца, который является официальным основанием для допуска специалиста к выполнению работ в области эксплуатации и технического обслуживания медицинской техники.

При успешном прохождении аттестации специалисту выдается сертификат (удостоверение установленного образца), подтверждающий его квалификацию и право осуществления профессиональной деятельности в соответствующей области.

Документы о сертификации оформляются в соответствии с требованиями Министерства здравоохранения Кыргызской Республики и могут быть использованы при проведении проверок со стороны уполномоченных контролирующих органов в сфере обращения медицинских изделий.

Срок действия сертификата, а также порядок и периодичность повторной аттестации устанавливаются действующими нормативными правовыми актами и внутренними регламентами центра повышения квалификации.

Изучаемые разделы и дисциплины:

Блок 1. Базовая инженерная и математическая подготовка

1.Высшая математика и математическое моделирование
2.Теория вероятностей и математическая статистика
3.Основы информатики и программирования
4.Численные методы в инженерных расчетах

Блок 2. Физико-технические основы

1.Физические основы медицинской техники
2.Основы электроники и электротехники
3.Электромагнитные поля и электрические цепи
4.Материаловедение и основы механики

Блок 3. Профессиональные (прикладные) дисциплины

1.Общие сведения о медицинском оборудовании
2.Классификация и принципы работы медицинской техники
3.Основы ремонта электронной медицинской техники
4.Техническое обслуживание и сервис медицинского оборудования
5.Метрология, стандартизация и сертификация
6.Клиническая инженерия

Блок 4. Специализированные инженерные системы

1.Системы бесперебойного электроснабжения медицинских учреждений
2.Инженерная инфраструктура медицинских организаций (газы, вентиляция, стерилизация)
3.Медицинские информационные системы и цифровые технологии
4.Основы кибербезопасности медицинского оборудования

Блок 5. Безопасность и нормативное регулирование

1.Дозиметрические приборы и защита от ионизирующих излучений
2.Техника безопасности в профессиональной деятельности
3.Нормативно-правовое регулирование медицинских изделий (ЕАЭС, международные стандарты)
4.Управление рисками медицинских изделий

Требования к подготовке специалистов:

В области математики и информатики

Инженер должен:

Иметь представление:

- о единстве математических понятий и методов;
- о математическом моделировании как инструменте анализа процессов и явлений;
- об основных принципах хранения, обработки и передачи информации;
- о современных методах исследования информационных моделей.

Знать и уметь применять:

- методы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии;
- теорию функций комплексного переменного и основы операционного исчисления;
- теорию вероятностей и математическую статистику;
- численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений;
- методы приближения функций и спектрального анализа;
- основы теории множеств и математической логики;
- аппарат булевой алгебры и методы синтеза логических схем;
- базовые принципы вычислительной техники и информатики.

Иметь практический опыт:

- применения математического аппарата для решения инженерных задач;
- построения и анализа математических моделей;
- численного решения инженерных задач с использованием ЭВМ.

В области физики, химии и экологии

Инженер должен:

Иметь представление:

- о фундаментальных законах физики и их применении в технических системах;
- о вероятностных и статистических закономерностях в природе;
- о принципах измерений и их особенностях в различных областях науки;
- о химических процессах, реакционной способности веществ и методах их анализа;
- о свойствах органических соединений;
- о биосфере, экосистемах и взаимодействии организма с окружающей средой;
- об экологических принципах рационального природопользования.

В области инженерных и технических дисциплин

Инженер должен:

Иметь представление:

- о правилах выполнения технической и конструкторской документации (ЕСКД);
- о принципах построения электрических схем и технических чертежей;
- об основах механики, сопротивления материалов и теории деформаций;
- о системе допусков и посадок;
- о механических свойствах материалов;
- о гидромеханических процессах;
- о принципах работы электрических цепей и электромагнитных полей;
- об особенностях применения инженерных решений в медицинской технике.

Список литературы

1. Samigullina A., Abdyldaev R., Tagaeva D., et al. Digital transformation of medical education in the Kyrgyz Republic // *RISUS Journal on Innovation and Sustainability*. — 2024. — Vol. 15, № 4 [Электронный ресурс] -: https://revistas.pucsp.br (дата обращения: 22.04.2026).

2. Kasiev N.K., Vishniakov D.V. Analysis of challenges in medical workforce provision in Kyrgyzstan // *Health Care of the Russian Federation*. — 2025. — Vol. 69, № 3. — P. 210–217 [Электронный ресурс] - URL: https://jdigitaldiagnostics.com (дата обращения: 18.04.2026).

3. Moldoisaeva S., Kaliev M., Sydykova A., et al. Kyrgyzstan: Health System Review // *European Observatory on Health Systems and Policies*. — 2022. — Vol. 24, № 3 [Электронный ресурс] - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov (дата обращения: 20.04.2026).

4. Umurzakova D.I. Modern problems of the Kyrgyz healthcare system // *Science and Innovation*. — 2025. — Vol. 4, № 1 [Электронный ресурс] - URL: https://scientists.uz (дата обращения: 18.04.2026).

5. Научно-практический журнал «Здравоохранение Кыргызстана» // Министерство здравоохранения Кыргызской Республики [Электронный ресурс] - URL: https://zdrav.kg (дата обращения: 18.04.2026).

6. Erasmus+ Project (KIUT). Development of biomedical and engineering education initiatives in Central Asia [Электронный ресурс] - URL: https://kiut.uz/ru/institute/erasmus/projects/3/ (дата обращения: 20.04.2026).

7. United Nations. Kyrgyzstan Health System Review [Электронный ресурс] - URL: https://kyrgyzstan.un.org/sites/default/files/2022-10/9789289059237-eng.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

8. Министерство здравоохранения Кыргызской Республики. Список организаций здравоохранения КР [Электронный ресурс] - URL: https://medik.kg/library/spisok-organizatsiia-zdravookhraneniia-kyrgyzskoi-respubliki/ (дата обращения: 24.04.2026).

УДК 614.2

А.Б. Осмонов
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

A.B. Osmonov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
Registratura.nefro@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕМОДИАЛИЗА И ИХ ВКЛАД В КАЧЕСТВО УСЛУГ

ЗАМАНБАП ГЕМОДИАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖАНА АЛАРДЫН КЫЗМАТ КӨРСӨТҮҮ САПАТЫНА КОШКОН САЛЫМЫ

MODERN HEMODIALYSIS TECHNOLOGIES AND THEIR CONTRIBUTION TO THE QUALITY OF SERVICES

Бул изилдөө ишинде гемодиализдеги акыркы жетишкендиктер, башкача айтканда, канды тазалоо процедурасы, денеден тышкары жүргүзүлүп, өнөкөт бөйрөк жетишсиздиги менен ооруган адамдар үчүн абдан маанилүү. Өтө маанилүү медициналык кийлигишүү болгон гемодиализ бөйрөктөр иштебей калганда кандан зыяндуу заттарды жана ашыкча суюктукту кетирет. Узак тарыхына карабастан, заманбап инновациялар бул процедуранын натыйжалуулугун, эффективдүүлүгүн жана ыңгайлуулугун бир топ жакшыртты. Бул макалада гемодиализдеги акыркы технологиялык жетишкендиктер жана анын келечектеги келечеги каралат. Гемодиализ мурда клиникада стационардык жатууну талап кылса жана жумасына үч жолу бир нече саат бою жасалса, кийилүүчү түзмөктөрдүн пайда болушу үйдө жана ал тургай жолдо жүргөндө дарылоо мүмкүнчүлүгүн ачат. Билекке же колго кийилүүчү бул компакттуу жана көчмө түзмөктөр үзгүлтүксүз же үзгүлтүктүү режимде иштей алат, бул бейтаптарга көбүрөөк эркиндик берет жана медициналык мекемелерге үзгүлтүксүз баруу зарылдыгын азайтат.

Түйүндүү сөздөр: *гемодиализ, жабдуулар, инновация, кызматтар, сапат, технология, жашоо, медицина.*

Данная научная работа посвящена новейшим достижениям в сфере гемодиализа – процедуры очищения крови вне организма, без которой не могут обойтись люди с хронической почечной недостаточностью. Гемодиализ, являясь жизненно важным медицинским вмешательством, удаляет из крови вредные вещества и лишнюю жидкость при отказе почек. Несмотря на долгую историю развития, современные инновации значительно повысили эффективность, результативность и комфортность этой процедуры. В статье рассматриваются последние технологические прорывы в гемодиализе и перспективы его развития. Если раньше гемодиализ требовал стационарного пребывания в клинике и проводился трижды в неделю по несколько часов, то появление носимых устройств открывает возможность лечения в домашних условиях и даже в движении. Эти компактные и портативные аппараты, носимые на запястье или руке, могут работать в непрерывном или прерывистом режиме, предоставляя пациентам большую свободу и снижая необходимость регулярных посещений медицинских учреждений.

Ключевые слова: *гемодиализ, оборудования, инновация, услуги, качество, технологии, жизнь, медицина.*

This research paper examines the latest advances in hemodialysis, a blood purification procedure performed outside the body and essential for people with chronic kidney failure.

Hemodialysis, a vital medical intervention, removes harmful substances and excess fluid from the blood when kidneys fail. Despite its long history, modern innovations have significantly improved the efficiency, effectiveness, and comfort of this procedure. This article examines the latest technological breakthroughs in hemodialysis and its future prospects. While hemodialysis previously required an inpatient stay in a clinic and was performed three times a week for several hours, the advent of wearable devices opens up the possibility of treatment at home and even on the go. These compact and portable devices, worn on the wrist or arm, can operate in continuous or intermittent mode, providing patients with greater freedom and reducing the need for regular visits to medical facilities.
Key words: *hemodialysis, equipment, innovation, services, quality, technology, life, medicine.*

Введение. За последнее время аппараты для гемодиализа претерпели значительные преобразования, обусловленные как растущими потребностями пациентов, так и стремительным развитием технологий. Эти новшества кардинально меняют подход к терапии хронической болезни почек (ХБП), предлагая более индивидуализированные, эффективные и ориентированные на нужды человека решения. Данная статья посвящена анализу основных направлений развития, технологических прорывов, потенциальных сфер применения, рыночных запросов и важности междисциплинарного взаимодействия, которые определяют будущее гемодиализных аппаратов.

Цель исследования. Основная задача данного исследования заключается в научном обосновании путей улучшения организации гемодиализной помощи населению посредством внедрения медицинских информационных технологий.

Объект исследования. Объектом нашего исследования является влияние искусственного интеллекта (ИИ) на сферу здравоохранения, и гемодиализ не является исключением.

Алгоритмы ИИ открывают возможности для:

— **Мониторинга данных пациентов:** Постоянное отслеживание ключевых показателей здоровья.

— **Прогнозирования осложнений:** Раннее выявление и предотвращение потенциальных проблем.

— **Корректировки лечения в реальном времени:** Гибкое изменение терапевтических стратегий по мере необходимости.

— **Оптимизации медикаментозной терапии:** Точное определение времени приема и дозировок лекарств для достижения максимальной эффективности и персонализации лечения.

Научная новизна является ключевым элементом научной новизны являются **нанотехнологии**, применяемые для создания инновационных гемодиализных мембран. Эти мембраны обладают повышенной способностью к фильтрации токсинов из крови благодаря использованию наночастиц. Эти микроскопические структуры способны более эффективно захватывать и удалять вредные вещества по сравнению с традиционными аналогами. Внедрение нанотехнологий в гемодиализ обещает улучшить исходы лечения для пациентов, способствуя увеличению продолжительности жизни и снижению частоты осложнений.

Эволюция аппаратов для гемодиализа отражает более широкую тенденцию к созданию удобных в использовании, компактных и эффективных устройств. Традиционно громоздкие аппараты теперь становятся более миниатюрными, предлагая улучшенную мобильность и возможность проведения диализа дома. Этот сдвиг является переломным моментом для пациентов, так как домашний диализ снижает частоту визитов в больницу, позволяя добиться большей независимости и улучшения качества жизни. Современные технологии гемодиализа активно развиваются благодаря искусственному интеллекту (ИИ) и машинному обучению (МО). Эти передовые системы позволяют в режиме реального времени отслеживать ход лечения и точно настраивать параметры диализа, что гарантирует безопасность и максимальную эффективность для пациентов. Яркий пример – аппарат для гемодиализа, использующий ИИ для прогнозирования скорости выведения жидкости. Это

помогает предотвратить гипотонию, частое осложнение, и решает давнюю проблему в управлении диализом, делая процедуру безопаснее и комфортнее.

Будущее гемодиализа обещает быть еще более впечатляющим. Развитие носимых устройств, ИИ и нанотехнологий сделает лечение еще более эффективным и удобным. Более того, ученые работают над созданием биоискусственных почек с использованием стволовых клеток и тканевой инженерии, что в перспективе может полностью избавить пациентов от необходимости гемодиализа.

Эти инновации кардинально меняют подход к лечению. Носимые устройства, продвинутое оборудование, ИИ, нанотехнологии и удаленный мониторинг делают гемодиализ более индивидуальным, комфортным и результативным. Благодаря непрерывным исследованиям, будущее гемодиализа выглядит очень перспективным.

Рисунок 1 - Аппарат «Искусственная почка»

Аппарат "искусственная почка" (гемодиализ) служит для очистки крови от токсинов и избыточной жидкости, предотвращая развитие уремии. В данной статье мы подробно рассмотрим суть гемодиализа, его разновидности и представим обзор актуальных моделей аппаратов для проведения процедуры.

Подобно здоровым почкам, которые фильтруют кровь, удаляя отходы жизнедеятельности и лишнюю воду, аппарат гемодиализа подключается к кровеносной системе. Кровь пациента проходит через специальные фильтры, где происходит ее очистка, и затем возвращается в организм.

Принцип работы гемодиализа основан на двух физических явлениях: диффузии и конвекции. Диффузия заключается в переходе веществ из зоны высокой концентрации (токсины в крови) в зону низкой концентрации (диализный раствор). Конвекция же связана с перемещением веществ под действием потока жидкости, обусловленного разницей давлений. Современные аппараты также используют ультрафильтрацию – процесс, при котором создается искусственное давление крови на фильтрующую мембрану.

Современный диализный аппарат представляет собой комплексное устройство, состоящее из двух ключевых компонентов:

— **Система циркуляции крови:** включает насосы, трубки и датчики, предназначенные для безопасного забора, обработки и возврата крови пациента.

— **Система приготовления и подачи диализата:** отвечает за создание и перемещение диализного раствора, который является активным агентом в процессе экстракорпорального очищения крови.

В контексте будущих разработок, появление носимых диализных устройств рассматривается как значительный прорыв. Такие портативные аппараты потенциально способны обеспечить непрерывный режим диализа, что существенно расширит возможности

пациентов в плане мобильности и самостоятельности, освободив их от необходимости привязки к стационарным процедурам в домашних условиях или медицинских учреждениях.

Рисунок 2 – Аппарат «Искусственная почка». Fresenius Medical Care серия 4008S, 50008, Baxter International, Nipro

Будущее гемодиализа обещает стать более индивидуализированным. Вместо стандартных подходов, лечение будет строиться на основе уникальных физиологических особенностей каждого пациента. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) станут ключевыми инструментами, позволяющими медицинским протоколам динамически подстраиваться под актуальные данные о состоянии пациента. Это позволит достичь оптимального баланса между безопасностью процедуры и ее максимальной результативностью.

Современные разработки в области диализа демонстрируют впечатляющие результаты благодаря междисциплинарному подходу. Так, сотрудничество технологической компании и производителя медицинского оборудования породило инновационный аппарат для гемодиализа. Этот аппарат использует облачные технологии для удаленного мониторинга пациентов и персонализации лечения. Специалисты по данным разработали алгоритмы, способные предсказывать возможные осложнения, что делает процедуру более безопасной и предсказуемой.

Параллельно ведутся исследования в области биоматериалов. Биотехнологи создают новые фильтры для диализа, имитирующие структуру человеческих тканей. Это снижает риск побочных реакций и повышает общую эффективность очистки крови.

Напомним, что аппарат для гемодиализа – это жизненно важное устройство, выполняющее функцию почек при их недостаточности (острой или хронической) или в критических состояниях. Он не только удаляет токсины, но и выводит избыток жидкости, предотвращая отеки и гипертонические кризы. Процесс очистки крови происходит за счет диффузии вредных веществ в специальный раствор внутри аппарата, называемого "искусственной почкой". Обычно процедура проводится амбулаторно, требуя 2-4 сеансов в неделю для поддержания качества жизни пациентов с почечной недостаточностью.

Существуют различные методы диализной терапии, включая гемодиализ, гемофильтрацию и перитонеальный диализ, все они направлены на поддержание баланса в организме. Важно помнить, что эти методы замещают лишь выделительную функцию почек,

но не их эндокринную, что может вызывать определенные сложности при длительном лечении. Гемодиализ является наиболее распространенным методом.

При проведении терапии очень важно использовать высококачественные концентраты для гемодиализа, диализирующие растворы, таблетированную соль для гемодиализа. Медицинские отделения должны быть снабжены современным функциональным оборудованием и расходными материалами. Большое значение в обеспечении качества жизни больных имеют квалификация и опыт работы медиков, постоянно работающих с такими пациентами.

Современный подход в медицине смещает фокус с простого продления жизни на повышение ее качества. Это особенно актуально для пациентов, проходящих хронический диализ. Качество их жизни зависит от двух ключевых групп факторов: внешних обстоятельств, связанных с самим процессом диализа, и внутренних, психологических и физических аспектов, связанных с адаптацией к лечению. К последним относятся отношение пациента к терапии, его готовность к сотрудничеству и принятие диализа как необходимого метода лечения. Именно такое позитивное отношение способствует установлению доверия к врачам, что, в свою очередь, ведет к более точному следованию их рекомендациям и ограничениям, необходимым для успешного лечения.

Хотя исследования по применению искусственного интеллекта (ИИ), включая машинное обучение, в нефрологии и диализе уже существуют, большинство из них носят узконаправленный характер и не охватывают проблему качества жизни диализных пациентов в целом. Обзор текущего состояния этой проблемы представлен M. Hueso и его коллегами.

Инструменты ИИ в диализе, особенно основанные на машинном обучении, в основном применяются для оптимизации противоанемической терапии (ПАТ), которая является важной составляющей лечения хронической почечной недостаточности (ХПН). Повышенный интерес к оценке и прогнозированию эффективности ПАТ объясняется тем, что врачу необходимо учитывать множество динамически меняющихся факторов для ее корректного назначения, с чем успешно справляется ИИ при условии качественного обучения на большом объеме данных. Существует исследование, демонстрирующее использование ИИ для прогнозирования осложнений, связанных с анемией при гемодиализе. В работе J.M. Martinez-Martinez были разработаны модели для прогнозирования уровня гемоглобина (Hb) с использованием различных ИИ-алгоритмов (линейные регрессионные модели, нейронные сети, машины опорных векторов, деревья решений), обученных на данных европейских пациентов, находящихся на гемодиализе. Все алгоритмы показали схожие результаты, однако стоит отметить, что они склонны к "переобучению", что является существенным недостатком при их внедрении в реальную клиническую практику, особенно для мониторинга эффективности терапии. На российском рынке существует система управления лечебно-диагностическим процессом Maximus, которая включает модуль предиктивного анализа для прогнозирования вероятности осложнений от диализных процедур.

В настоящее время в республике 876 пациентов пользуются услугами гемодиализа при поддержке государственного бюджета. Из этого числа 560 человек получают лечение полностью бесплатно. Оставшиеся 316 пациентов оплачивают каждую процедуру гемодиализа в размере 550 сомов, при этом государство покрывает часть затрат.

Согласно отчету Национального банка о денежно-кредитной политике за второй квартал 2025 года, уровень инфляции в стране зафиксирован на отметке 7.7%. Это превышает показатель первого квартала, который составлял 6.9% (в годовом исчислении). К июню 2025 года годовая инфляция достигла 8.0%.

— Годовые расходы на одного пациента: 936 000 сом
— Количество пациентов: 4 083
— Общий бюджет программы: 2,5 млрд сом

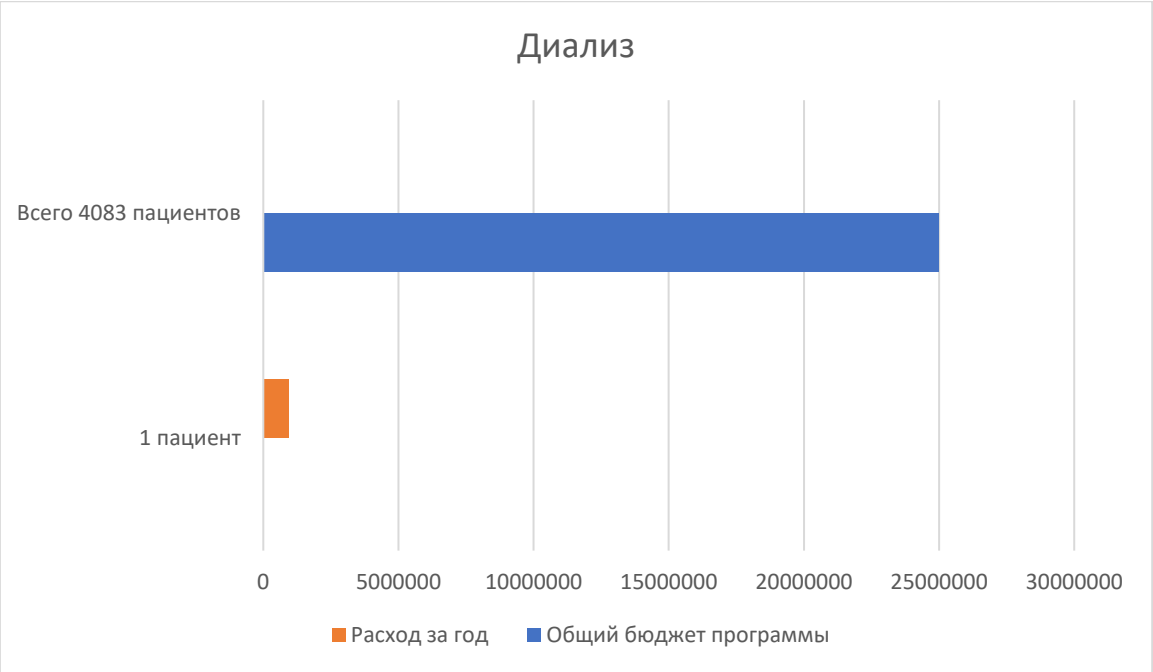


График 1 - Данные о стоимости гемодиализа в Кыргызстане
Ссылка на источник: Министерство здравоохранения Кыргызской Республики

Повышение цен было вызвано как внешними, так и внутренними причинами. К внешним факторам относятся значительные колебания мировых цен на нефть и продукты питания, обострение геополитической обстановки и изменения в торговой политике ключевых стран. Внутренние причины включают в себя корректировку тарифов на электро- и теплоэнергию, увеличение заработной платы, расширение государственных расходов и рост объемов кредитования.

В июне 2025 года годовая инфляция на продовольственные товары составила 10,2%. Основной вклад в этот показатель внесли категории "мясо" (прирост на 1,8 процентных пункта) и "фрукты и овощи" (прирост на 1,5 процентных пункта). Цены на мясо выросли на 17,2%, а на фрукты и овощи – на 22,3%. Однако, благодаря поступлению нового урожая, темпы роста цен на овощи и фрукты в июне замедлились, составив 35,4% в годовом исчислении.

Экономическая ситуация в Кыргызской Республике остается стабильной, без существенных изменений. В стране наблюдается высокая экономическая активность, а внутренний спрос продолжает расти благодаря увеличению доходов населения. Отмечается также рост инвестиций в основной капитал, как за счет частных средств, так и за счет государственных расходов. За первое полугодие 2025 года реальный ВВП вырос на 11,7% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Этот рост в основном обусловлен развитием секторов услуг, строительства и промышленности.

Денежно-кредитная политика направлена на поддержание ценовой стабильности в Кыргызской Республике, с целевым показателем инфляции в диапазоне 5-7% в среднесрочной перспективе. Принимаемые меры позволяют сохранять стабильность на межбанковском рынке. В целом, банковская система страны характеризуется высоким уровнем ликвидности в национальной валюте. В этих условиях Национальный банк проводит операции для поддержания сбалансированного предложения денег в экономике.

Ситуация на валютном рынке стабильна. Обменный курс остается гибким, формируясь под влиянием рыночного баланса спроса и предложения иностранной валюты.

Геополитические события и трансформация мировой торговой политики в текущем году существенно увеличили неопределенность во внешней экономической среде. Это, в свою очередь, создает инфляционное давление извне и вызывает нестабильность цен на глобальных рынках продовольствия и сырьевых товаров. На региональном уровне, страны, с которыми мы

торгуем, продолжают демонстрировать относительно высокий уровень инфляции. В свете этих обстоятельств, а также принимая во внимание анализ инфляционных факторов на кратко- и среднесрочную перспективу, и учитывая, что денежно-кредитная политика Национального банка нацелена на будущее, для поддержания ценовой стабильности в стране в среднесрочной перспективе представляется разумным повысить учетную ставку на 25 базисных пунктов, установив ее на уровне 9,25%.

Список литературы

1. Воеводина Н. В., Лидохова О. В., Макеева А. В. Оценка эффективности гемодиализа как метода заместительной терапии при хронической почечной недостаточности // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4–7
2. Клинические рекомендации «Лечение пациентов с хронической болезнью почек 5 стадии (ХБП 5) методами гемодиализа и гемодиафильтрации», 2016.
3. Зелтынь-Абрамов Е. М., Белавина Н. И., Бондаренко С. А., Ванюков А. Е., Ковалевская Е. А., Пигушина С. А. Непереносимость процедуры гемодиализа - неожиданная клиническая маска критической ишемии миокарда. Нефрология и диализ. 2022. 24(1):114-116.
4. Румянцев А. Ш. Инновации в гемодиализе. Нефрология и диализ. 2019. 21(2):199–212.
5. Hueso M., et al. Artificial intelligence in nephrology: current applications and future perspectives // Kidney International Reports. – 2020. – Vol. 5(6). – P. 1–12.
6. Martinez-Martinez J.M., et al. Predictive models for hemoglobin levels in hemodialysis patients using machine learning algorithms // Artificial Intelligence in Medicine. – 2019. – Vol. 96. – P. 27–36.
7. Национальный банк Кыргызской Республики. Отчет о денежно-кредитной политике за II квартал 2025 года. – Бишкек: НБКР, 2025. – 45 с.
8. Maximus. Информационная система управления лечебно-диагностическим процессом диализных пациентов. – Бишкек: Министерство здравоохранения КР, 2024.
9. Fresenius Medical Care. Dialysis Machines Series 4008S, 5008. – Official Product Documentation. – 2023.
10. Baxter International. Hemodialysis Solutions and Equipment. – Company Report. – 2023.
11. Nipro Corporation. Hemodialysis Systems Overview. – Technical Brochure. – 2023.

УДК 665.7:621.892

И.Н. Асанкожоев, А.Б. Кемелова, А.Ы. Кийикбаева, Д.А. Молдоканова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

I.N. Asankojoev, A.B. Kemelova, A.Y. Kiiikbaeva, D.A. Moldokanova
I. Razzakov Univerisity, Bishkek, Kyrgyz Republic
asankoev0501@gmail.com, kemelovaaidai2@gmail.com, a.kiyikbaeva@kstu.kg, d.moldokanova@kstu.kg

ФОРМУЛА И ПРОЦЕСС ОТБЕЛИВАНИЯ ОТРАБОТАННОГО МАШИННОГО МАСЛА

КОЛДОНУЛГАН МОТОР МАЙЫН АГАРТУУНУН ФОРМУЛАСЫ ЖАНА ПРОЦЕССИ

FORMULA AND PROCESS FOR BLEACHING USED MOTOR OIL

Макалада колдонулган мотор майын агартуунун негизги ыкмалары: адсорбциялык, кислоталык тазалоо каралган. Ар бир ыкманын реагенттеринин курамы, технологиялык шарттары жана процесстин этаптары берилген. Ыкмаларды салыштырмалуу талдоо жүргүзүлүп, кислоталык тазалоо эң жогорку деңгээлде тазалоону камсыздай турганы аныкталды, бирок ал коопсуздук эрежелерин так сактоону талап кылат.

Түйүндүү сөздөр: *колдонулган мотор майы, адсорбция, кислоталык тазалоо, регенерация.*

В статье рассмотрены основные методы отбеливания отработанного машинного масла: асорбционный, окислительный и кислотный. Приведены составы реагентов, технологические параметры процессов и сравнительный анализ методов. Установлено, что наибольшую степень очистки обеспечивает кислотный метод, однако он требует строгого соблюдения техники безопасности

Ключевые слова: *отработанное масло, адсорбция, кислотная очистка, регенерация масла.*

This article examines the main methods of used motor oil bleaching, including adsorption, acid treatment. The composition of reagents, process conditions and technological stages for each method are described. A corporative analysis of the methods was carried out, showing that acid treatment provides the highest degree of purification, although it requires strict adherence to safety regulations.

Key words: *used motor oil, adsorption, acid treatment, oil regeneration.*

Введение. Рост парка автотранспорта и промышленного оборудования ведет к непрерывному увеличению объемов образования отработанных моторных масел (ОММ), которые относятся к опасным отходам III класса. В то же время ОММ представляют собой ценное вторичное сырье, поскольку углеводородная основа практически не подвергается деструкции в процессе эксплуатации [1]. Основное ухудшение характеристик связано с накоплением продуктов термоокислительной полимеризации, сажи, полициклических арен, смол и асфальтенов, придающих маслу высокую оптическую плотность (темный цвет) и коррозионную агрессивность [2].

Процесс отбеливания (дегдронизации и осветления) является ключевой стадией регенерации, определяющей товарный вид, физико-химические свойства и применимость восстановленного базового масла для повторного компаундирования.

Отработанные машинные масла представляют собой сложные многокомпонентные системы, содержащие продукты окисления, термического разложения углеводородов, механические примеси, воду, а также различные присадки, утратившие свою эффективность. В процессе эксплуатации масла подвергаются значительным физико-химическим изменениям, что приводит к ухудшению их эксплуатационных свойств.

Утилизация отработанных масел без предварительной обработки наносит серьезный вред окружающей среде. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка эффективных методов их очистки и повторного использования. Одним из ключевых этапов регенерации является отбеливание, направленное на удаление окрашенных соединений и улучшение внешнего вида масла.

Целью данной работы является анализ существующих методов отбеливания отработанного масла, изучение их технологических особенностей и определение наиболее эффективного способа очистки.

Обзор методов очистки.

В современной практике применяются различные методы очистки отработанных масел, которые можно условно разделить на три основные группы:

- Адсорбция с использованием активированного угля и глины
- Окисление с последующей адсорбцией
- Кислотная очистка с нейтрализацией

Каждый из этих методов основан на различных физико-химических процессах и имеет свои особенности.

Адсорбционный метод. Адсорбционный метод является одним из наиболее простых и доступных способов очистки отработанных масел. Он основан на способности активированного угля и глины поглощать различные примеси, включая смолистые вещества, продукты окисления и механические частицы.

1. Состав реагентов (на 1 литр масла):

- Активированный уголь – 50 г
- Белая глина – 30 г
- Спирт (95%) – 50 мл
- Деионизированная вода – 100 мл
- Флокулянт – 5 г

2. Технология процесса:

Процесс начинается с подготовки адсорбентов, которые измельчаются и нагреваются до температуры около 60ºС. Масло предварительно нагревается до 70 – 80ºС для снижения вязкости и улучшения условий взаимодействия.

После этого в масло вводится адсорбционная смесь и система интенсивно перемешивается в течение 40 – 60 минут. В результате происходит связывание загрязняющих веществ и их переход в твёрдую фазу

3. Характеристики метода:

Метод обеспечивает удаление механических примесей и частичное осветление, используется как предварительная стадия очистки.

Метод окисления. Окислительный метод основан на разрушении органических загрязнений с помощью сильных окислителей, таких как перекись водорода. В результате окисления сложные молекулы распадаются на более простые соединения, которые легче удалить.

1. Состав реагентов:

- Перекись водорода (30%) – 10 мл
- Фосфорная кислота (85%) – 5 мл
- Белая глина – 30 г
- Оксид магния – 10 г
- Флокулянт – 5 г

2. Этапы процесса:

1) Окисление

Процесс проводится при температуре 50 – 60ºС. В масло добавляются перекись водорода и кислота, что приводит к активному разрушению загрязнений.

2) Нейтрализация оксидом магния

После окисления в систему вводится оксид магния для выравнивания кислотности среды.

3) Коагуляция

Добавление флокулянта способствует укрупнению частиц и их осаждению.

4) Адсорбция

Финальная очистка осуществляется с использованием глины

3. Характеристики метода:

Метод разрушает окрашенные органические соединения и улучшает цвет масла. Является более эффективным по сравнению с простой адсорбцией.

Кислотная очистка. Кислотная очистка является наиболее эффективным методом, позволяющим удалить даже устойчивые загрязнения. Она основана на химическом взаимодействии концентрированной серной кислоты на компоненты масла.

1. Состав реагентов:

- Серная кислота (98%) – 10 мл
- Карбонат натрия
- Белая глина – 40 г
- Активированный угол – 20 г

2. Технология процесса:

Кислота вводится в масло при температуре 40 – 50ºС при постоянном перемешивании. После этого смесь выдерживается в течение одного часа для полного протекания реакции.

Образовавшийся осадок отделяется, после чего проводится нейтрализация остаточной кислотности с помощью карбоната натрия. Завершающим этапом является фильтрация.

3. Характеристика метода

Обеспечивает наиболее глубокую очистку, включая удаление смолистых и окрашенных веществ. Недостаток – высокая опасность при работе с кислотами.

Коагуляция и центрифугирование.

В обезвоженное масло вводятся растворы электролитов или ПАВ для снижения седиментационной устойчивости коллоидной системы ОММ. Крупнодисперсный шлам и основная масса асфальтенов отделяются сепарацией или длительным отстаиванием [4].

Финальные стадии очистки.

Независимо от выбранного метода, процесс очистки включает следующие завершающие этапы:

- Отстаивание – позволяет отделить твёрдые частицы
- Обезвоживание – проводится в вакууме при 40 – 50ºС
- Фильтрация – удаление остаточных примесей

Эти стадии обеспечивают получение стабильного и качественного продукта.

Таблица 1- Сравнительный анализ методов

Характеристика	Адсорбционный метод	Метод окисления	Кислотная очистка
Реагенты	Спирт, глина, активированный уголь	H_2O_2, H_3PO_4	H_2SO_4, Na_2CO_3
Эффект	Предварительная очистка	Разрушение темных молекул	Глубокая очистка
Температура масла	70 – 80ºС	50 – 60ºС	40 – 50ºС

Сравнение методов показывает, что адсорбционный метод подходит для первичной очистки, окислительный метод обеспечивает среднюю степень очистки, кислотный метод даёт наилучший результат.

Факторы, влияющие на эффективность отбеливания.

Эффективность процесса зависит от следующих параметров:

- температуры процесса;
- времени контакта;
- природы адсорбента;
- размера частиц сорбента;
- степени загрязнения масла;
- скорости фильтрации.

Установлено, что повышение температуры до 80 °C способствует снижению вязкости масла и улучшению проникновения загрязнений в поры адсорбента.

Экологическое значение регенерации масел.

Регенерация отработанных масел позволяет:

- уменьшить загрязнение окружающей среды;
- сократить объёмы нефтяных отходов;
- снизить потребление первичных нефтяных ресурсов;
- повысить экономическую эффективность использования смазочных материалов.

Повторное использование очищенных масел особенно актуально в условиях роста цен на нефтепродукты и ужесточения экологических требований.

Результаты и обсуждение.

Анализ эффективности различных подходов к отбеливанию отработанного масла показывает, что традиционная кислотная очистка уступает современным экологическим и экономическим стандартам. Основной проблемой остается образование трудно утилизируемого кислого гудрона (до **15%** от объема сырья) [4].

В таблице 2 представлены сравнительные технологические показатели традиционного и безреагентного (дистилляционно-адсорбционного) методов.

Таблица 2 - Сравнительные показатели методов отбеливания ОММ

Технологический параметр	**Кислотно-контактный метод [4]**	**Вакуумная дистилляция + адсорбция [6]**
Выход регенерированного масла, %	65 – 75	80 – 85
Остаточное кислотное число, мг KOH/г	0,15 – 0,30	менее 0,05
Оптическая плотность (цветность по ASTM D1500)	2,5 – 3,0	1,0 – 1,5
Экологический индекс процесса	Низкий (образование шламов)	Высокий (регенерация адсорбента)

Современные схемы, сочетающие фракционирование в глубоком вакууме с последующим пропусканием масляных дистиллятов через стационарный слой адсорбента (проточный тип), позволяют исключить стадию образования жидких токсичных отходов и обеспечивают получение базовых масел, идентичных первичным по показателям стабильности против окисления [6].

Заключение. Эффективность процесса отбеливания отработанных машинных масел определяется синергетическим эффектом предварительной термомеханической подготовки и физико-химических условий адсорбции.

Процесс отбеливания отработанного машинного масла является важной стадией регенерации нефтепродуктов. Наиболее эффективными методами являются адсорбционные технологии с применением активированных глин, силикагеля и цеолитов. Использование современных методов очистки позволяет существенно улучшить физико-химические свойства масла и обеспечить возможность его повторного применения.

Дальнейшее развитие технологий регенерации связано с созданием высокоэффективных сорбентов и внедрением экологически безопасных методов очистки нефтепродуктов.

Список литературы

1. 1.Коваленко В. П., Турчанинов В. Е. *Очистка нефтепродуктов от загрязнений.* — М.: Химия, 2018. — 256 с.

2. 2.Ахметов С. А. *Технология глубокой переработки нефти и газа.* — СПб.: Недра, 2013. — 544 с.
3. 3.Гун Р. Б. *Нефтяные битумы и смолисто-асфальтеновые вещества.* — М.: Химия, 2020. — 288 с.
4. 4.Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г., Багдасаров Л. Н. *Смазочные материалы и проблемы экологии.* — М.: Нефть и газ, 2015. — 312 с.
5. 5.ТУ 2114-002-00149452-2019. *Глины формовочные и отбеливающие активированные. Технические условия.*
6. 6.Speight J. G. *The Refinery of the Future.* — Gulf Professional Publishing, 2021. — 460 p.

УДК 664.691/694: 547.112

Н.К. Бопинаева, А.Ы. Кийикбаева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.K. Bopinaeva, A.Y. Kiiikbaeva
Razzakov Univerisity, Bishkek, Kyrgyz Republic
nika.07az@gmail.com, a.kiyikbaeva@kstu.kg

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА

БЕЛОКТУУЛУГУ ЖОГОРУ МАКАРОН АЗЫКТАРЫН ӨНДҮРҮҮ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

HIGH-PROTEIN PASTA PRODUCTION TECHNOLOGY

Белокко бай азык-түлүктөрдү керектөөчүлөрдүн эң чоң катмарынын бири – бул сергек жашоого умтулган заманбап коом. Ошого байланыштуу, курамында белок көп болгон макарон азыктарын өндүрүү технологияларын иштеп чыгуу актуалдуу болуп саналат. Бул иште макаронду белок менен байытуунун ар кандай жолдору каралат, анын ичинде ундун альтернативдүү түрлөрүн колдонуу, белок концентратын кошуу жана технологиялык процесстерди оптималдаштыруу. Кошулмалардын даяр продукциянын сапатына жана керектөө касиеттерине тийгизген таасири анализденет.

Түйүндүү сөздөр: *макарон азыктары, белоктун жогорку курамы, белок менен байытуу, белок концентраты, өндүрүш технологиясы, сапат керектөө касиеттери.*

Одним из крупнейших потребителей продуктов питания, богатых белком, является современное общество, стремящееся к здоровому образу жизни. В связи с этим, актуальной является разработка технологий производства макаронных изделий с повышенным содержанием белка. В данной работе рассматриваются различные способы обогащения макарон белком, включая использование альтернативных видов муки, добавление белковых концентратов и оптимизацию технологических процессов. Анализируется влияние добавок на качество и потребительские свойства готового продукта.

Ключевые слова: *макаронные изделия, повышенное содержание белка, обогащение белком, белковые концентраты, технология производства, качество, потребительские свойства.*

One of the largest consumers of protein-rich foods is modern society, which strives for a healthy lifestyle. In this regard, the development of technologies for the production of pasta with a high protein content is relevant. This paper examines various ways to enrich pasta with protein, including the use of alternative types of flour, the addition of protein concentrates, and the optimization of technological processes. The influence of additives on the quality and consumer properties of the finished product is analyzed.

Key words: *pasta products, high protein content, protein enrichment, protein concentrates, production technology, quality, consumer properties.*

Введение. Согласно итальянскому закону, на который можно сослаться, так как Италия – страна с самым высоким производством и душевым потреблением макаронных изделий, макаронными изделиями называются продукты, полученные из муки особого помола твердых пшениц (Tritikumdurum) – крупки или полукрупки путем замеса теста, его формования, разделки и последующей сушки.

В современном мире наблюдается устойчивая тенденция к увеличению потребления продуктов питания, обогащенных белком. Это связано с растущим интересом к здоровому образу жизни, стремлением к поддержанию оптимальной массы тела и пониманием важной роли белка в функционировании организма. Макаронные изделия, являясь популярным и доступным продуктом, представляют собой перспективную основу для создания продуктов с улучшенными питательными характеристиками. В связи с этим, разработка и оптимизация технологий производства макаронных изделий с повышенным содержанием белка является актуальной задачей, направленной на удовлетворение потребностей современного потребителя [2].

Цель работы: Исследование технологий производства макаронных изделий с повышением содержания белка с целью разработки оптимальных методов увеличения питательной ценности продукции при сохранении высоких органолептических свойств и технологической эффективности.

Краткие теоретические сведения.

Макаронные изделия — это пищевые продукты, получаемые в результате формования и термической обработки мучных заготовок, которые часто обогащаются дополнительными компонентами для улучшения их питательной ценности. Стандартный состав макарон включает муку, воду и соль, но для повышения содержания белка используются добавки, такие как белковые концентраты, бобовые культуры, соевые и другие растительные компоненты, а также добавки на основе молочного белка.

Белки в макаронных изделиях— важный компонент, влияющий на их питательную ценность. Белок играет ключевую роль в поддержании нормального функционирования организма, обеспечивая рост и восстановление тканей. Белки из растительных источников (например, соя, чечевица, горох) часто используются для обогащения макарон, поскольку они обладают высоким содержанием незаменимых аминокислот.

Технология производства таких макаронных изделий включает несколько этапов: подготовка сырья, замешивание теста, формование, сушка и упаковка. Важным аспектом является сохранение технологических свойств теста и продукции, таких как эластичность, структура и вкус, при увеличении доли белка [3].

Повышение содержания белка в макаронах позволяет улучшить их диетические характеристики и повысить их ценность для людей, ведущих активный образ жизни, а также для людей с особыми потребностями в белке, например, вегетарианцев [4].

История происхождения макаронных изделий.

Макароны — это не только популярный продукт итальянской кухни, но и часть многовековой кулинарной традиции, которая имеет свои корни в разных культурах.

Макаронные изделия известны с древности, и одна из первых известных форм пасты встречается в Древнем Риме. Уже в I веке н. э. в римской кухне использовались блюда, напоминающие современные пасты. В трактате *«Апициевский корпус»* (IV–V века н. э.), в

котором собраны рецепты древнеримских поваров, встречаются упоминания о приготовлении пищи из теста, которое варилось и подавалось с соусами. Однако, эти блюда больше напоминали не пасту в традиционном понимании, а скорее тестовые изделия, схожие с лазаньей. Римляне не использовали формы макарон, как в современной пасте, но такие блюда вполне можно считать предшественниками макаронов [5].

Существует популярная легенда, что *Марко Поло* привез макароны из Китая в Италию в 1292 году. Однако археологические исследования и исторические источники указывают на то, что традиция приготовления пасты была развита в Италии еще в I веке н. э. и продолжала совершенствоваться в Средневековье. Особенно это касалось таких регионов, как Сицилия, где распространение пасты с различными добавками стало неотъемлемой частью местной кулинарной культуры. К XVI-XVII векам производство макарон в Италии стало массовым, а различные формы пасты, такие как спагетти, пенне и фузилли, начали популяризироваться по всей стране. В это время Италия активно развивала технологии сушки пасты, что позволило сохранить макароны на долгое время и делать их доступными для повседневного употребления. С развитием торговли и иммиграции макароны постепенно распространились за пределы Италии [1].

Проблемы традиционных макарон.

Традиционные макароны, хотя и являются популярным продуктом питания, имеют несколько проблем, которые касаются как их состава, так и влияния на здоровье и окружающую среду. Вот основные проблемы традиционных макаронных изделий:

1. Низкое содержание белка. Традиционные макароны, сделанные из обычной пшеничной муки, содержат достаточно низкий уровень белка. Это делает их менее питательными по сравнению с другими продуктами, содержащими больше белка (например, мясом, бобовыми или орехами).

2. Низкое содержание клетчатки. Процесс рафинирования удаляет большую часть клетчатки (пищевых волокон), что снижает питательную ценность продукта. Клетчатка важна для нормализации пищеварения, предотвращения запоров и поддержания уровня сахара в крови.

3. Низкое содержание витаминов и минералов. В процессе рафинирования также удаляются важные микроэлементы, такие как витамины группы В (например, фолиевая кислота), магний и железо. Это делает макароны из муки высшего сорта менее питательными по сравнению с макаронами, сделанными из цельнозерновой муки.

4. **Воздействие на здоровье.** Частое потребление продуктов, изготовленных из рафинированной муки, может привести к дефициту **микроэлементов** и других важных веществ, таких как клетчатка. Это может способствовать развитию различных заболеваний, включая **сахарный диабет**, **заболевания сердца** и **ожирение**.

Практическая часть: Производство макаронных изделий с повышенным содержанием белка.

Ингредиенты:

- 170 г **пшеничной муки высшего сорта**
- 30 г **белковой добавки** (в нашем случае **яичный белок**)
- 70 мл **воды**
- 1 г **соли** (по вкусу)

Приготовление:

1. **Смешивание ингредиентов:** В глубокой миске смешать **пшеничную муку** и **яичный белок**. Белковая добавка помогает повысить содержание белка в готовых макаронах, улучшая их питательную ценность и текстуру.

2. **Добавление воды:** постепенно добавлять **воду** в смесь, при этом постоянно замешивая тесто. Важно вливать воду небольшими порциями, чтобы тесто не получилось слишком жидким. Это поможет добиться нужной консистенции и предотвратит появление комков.

3. **Замес теста:** продолжать месить тесто в течение 5–7 минут до получения упругой и эластичной консистенции. Оставить тесто накрытым на 20 минут, чтобы оно немного "отдохнуло", и белки в яичном белке набухли, что придаст тесту нужную структуру.

4. **Формование:** после отдыха тесто нужно раскатать на тонкий пласт, используя скалку или специализированную машину для пасты. Затем при помощи ножа или формы придать тесту нужную форму. Это могут быть классические макароны, спагетти, фетучини или другие виды пасты.
5. **Сушка:** расположить сформированные макароны на плоской поверхности или специальной сушилке для пасты. Оставить их для сушки на 60 минут. Это позволит макаронам затвердеть, что улучшит их текстуру и поможет в дальнейшем хранении.
6. **Варка:** В большой кастрюле довести 1 литр воды до кипения. Добавить 1 чайную ложку соли. Когда вода закипит, аккуратно опустить макароны в кастрюлю. Варить макароны 3–5 минут, пока они не станут мягкими, но при этом сохранят свою упругую текстуру [2].

1. Определение влажности теста и макарон.

Цель опыта: определить влажность теста и макарон, поскольку это влияет на их текстуру, хранение и долговечность.

Приборы: Сушильный шкаф

Поместить образец в сушильный шкаф, разогретый до 105-110°. Оставить макароны в сушильном шкафу на 1-1,5ч периодически проверяя, чтобы макароны не перегревались и не подгорали. Окончательная сушка и взвешивание: после сушки дать образцу немного остыть до комнатной. Взвесить макароны снова, чтобы определить их окончательную массу (М2). Расчёт содержания влаги: Содержание влаги рассчитывается по следующей формуле:

$$W = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

где: W — влажность (в %), М1 — масса образца до сушки (в граммах), М2— масса образца после сушки (в граммах).

2. Определение кислотности макарон.

Цель опыта: определить кислотность макарон, так как она влияет на их вкус и текстуру.

Методика исследования:

1. Для теста или вареных макарон подготовить водный раствор (1:1) из макарон и воды.
2. Отфильтровать полученный раствор.
3. Использовать **раствор натриевой щелочи** (NaOH) с известной концентрацией для титрования (либо использовать индикаторную pH бумагу)
4. В титрационном процессе добавлять щелочь в раствор до появления изменения цвета (конец титрования).

3. Определение вязкости теста с использованием капиллярного вискозиметра.

Цель опыта: определить **вязкость теста** для оценки его консистенции, что важно для правильного замеса и формования макарон. Вязкость теста влияет на процесс его обработки, а также на конечное качество макарон.

Приборы: Капиллярный вискозиметр

Методика:

1. Подготовить образец теста, который необходимо измерить, и приготовьте раствор с фиксированным содержанием воды (например, 1:1 с тестом).
2. Для определения вязкости был использован**капиллярный вискозиметр**. Этот прибор измеряет время, за которое жидкость проходит через капилляр с известным диаметром.
3. Наполнить капиллярный вискозиметр образцом теста.
4. Запустить эксперимент, измеряя время, которое требуется жидкости, чтобы пройти через капилляр

Таблица 1 - Результаты экспериментов

Параметры сравнения	**Макароны с повышенным белком**	**Стандартные макароны**
Кислотность	pH 5	pH 6 (ГОСТ 276-2016)
Влажность	12%	13% (ГОСТ31743-2017)
Вязкость	58сек	40-50 сек

Заключение. В ходе проведенного исследования было установлено, что добавление белка животного происхождения в макароны влияет на их органолептические характеристики, текстуру. Эта особенность может быть привлекательна для определённых категорий потребителей, таких как спортсмены или люди, активно занимающиеся физической деятельностью, так как улучшенное содержание белка способствует росту и восстановлению мышечной массы.

Однако важно отметить, что такие макароны могут не подойти для людей с определёнными заболеваниями, особенно с проблемами почек. Высокое содержание белка, особенно животного происхождения, может привести к дополнительной нагрузке на почки, что нежелательно для людей, страдающих от хронической почечной недостаточности или других заболеваний, связанных с нарушением работы почек. В таких случаях увеличение потребления белка может усугубить состояние здоровья и привести к различным осложнениям.

Таким образом, макароны с повышенным содержанием белка животного происхождения имеют как свои плюсы, так и минусы. С одной стороны, они могут быть полезны спортсменам, так как способствуют улучшению спортивных результатов и восстановлению организма. С другой стороны, для людей с заболеваниями почек данный продукт может представлять собой риск. Важно учитывать эти аспекты при продвижении и производстве таких продуктов, чтобы обеспечить их безопасное и целесообразное потребление различными категориями потребителей.

Список литературы

1. Лука Чезари – «Краткая история пасты. От тортеллинидо карбонары».
2. Г.А. Осипова – «Технология макаронного производства».
3. Габриелян, А.А**.** «Технология производства продуктов с повышенным содержанием белка». — М.: Наука, 2017.
4. Шевченко, Е.П**.** «Основы производства и технологии макаронных изделий». — СПб: Питер, 2016.
5. Захарова, Л.В. «Белки животного происхождения в пище». — СПб: Бизнес-Пресса, 2012.

УДК 66.0435:693.5.

Э.И. Сырымбекова, Д.А. Молдоканова, А.Ы. Кийикбаева, И.Н. Асанкожоев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.I. Syrymbekova, D.A. Moldokanova, A.Y. Kiiikbaeva, I.N. Asankojoev
I. Razzakov Univerisity, Bishkek, Kyrgyz Republic
e.syrymbekova@kstu.kg, d.moldokanova@kstu.kg, a.kiyikbaeva@kstu.kg,
asankoev0501@gmail.com

ХИМИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

ХИМИЯ КУРУЛУШТА: БЕТОНДУН БЕКЕМДИГИН ЖОГОРУЛАТУУ

CHEMISTRY IN CONSTRUCTION: INCREASING THE STRENGTH OF CONCRETE

Бул макалада химиянын заманбап курулуштагы ролу жана химиялык кошулмаларды жана модификаторлорду колдонуу менен бетондун бекемдигин жогорулатуу ыкмалары каралат. Бетон аралашмаларынын бекемдик касиеттерине таасир этүүчү негизги факторлор талданат, анын ичинде суу-цементтин катышы, цементтин курамы жана катууланууу шарттары. Пластификаторлорду, суперпластификаторлорду, минералдык толтургучтарды жана цемент пастанын структурасын жакшыртууга жана бетондун бышыктыгын жогорулатууга көмөктөшүүчү нанокошумчаларды колдонууга өзгөчө көңүл бурулат. Цемент гидратациясынын химиялык процесстери жана күчтүү кристаллдык структуранын пайда болуу механизмдери талкууланат. Заманбап химиялык технологияларды колдонуу бетондун механикалык бекемдигин, суукка туруктуулугун жана экологиянын агрессивдүү таасирине туруктуулугун бир топ жакшырта ала тургандыгы далилденген.

Түйүндүү сөздөр: *бетон, химиялык кошумчалар, бетондун бекемдиги, цемент гидратациясы.*

В статье рассматривается роль химии в современном строительстве и методы повышения прочности бетона с использованием химических добавок, и модификаторов. Проанализированы основные факторы, влияющие на прочностные характеристики бетонных смесей, включая водоцементное отношение, состав цемента и условия твердения. Особое внимание уделено применению пластификаторов, суперпластификаторов, минеральных наполнителей и нанодобавок, способствующих улучшению структуры цементного камня и повышению долговечности бетона. Рассмотрены химические процессы гидратации цемента и механизмы формирования прочной кристаллической структуры. Показано, что использование современных химических технологий позволяет значительно повысить механическую прочность, морозостойкость и устойчивость бетона к агрессивным воздействиям окружающей среды.

Ключевые слова: *бетон, химические добавки, прочность бетона, гидратация цемента.*

This article examines the role of chemistry in modern construction and methods for increasing concrete strength using chemical admixtures and modifiers. The main factors influencing the strength properties of concrete mixtures are analyzed, including the water-cement ratio, cement composition, and curing conditions. Particular attention is paid to the use of plasticizers, superplasticizers, mineral fillers, and nano-additives that contribute to improving the structure of cement paste and increasing the durability of concrete. The chemical processes of cement hydration and the mechanisms of formation of a strong crystalline structure are discussed. It has been shown that the use of modern chemical technologies can significantly improve the mechanical strength, frost resistance, and resistance of concrete to aggressive environmental influences.

Key words: *concrete, chemical additives, concrete strength, cement hydration.*

Введение. Бетон представляет собой композиционный материал, состоящий из цемента, воды, заполняющих частиц и химических добавок. Химические добавки играют ключевую роль в улучшении свойств бетона, поскольку они изменяют химические процессы, происходящие в его составе, что в конечном итоге влияет на его прочность и долговечность [2,4,9].

Прочность бетона является одним из основных показателей его качества и долговечности. В условиях современного строительства, где возрастают требования к эксплуатационным характеристикам материалов, особое значение приобретает использование химических добавок. Эти добавки позволяют не только улучшить технологические свойства бетонной смеси, но и значительно повысить прочность затвердевшего бетона [3,5]. Разнообразие применяемых добавок и их воздействие на структурообразование цементного камня требуют системного подхода к изучению их влияния на прочностные характеристики

бетона. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения эффективности строительных процессов и обеспечения надежности возводимых конструкций. Современное строительство предъявляет высокие требования к качеству бетонных смесей, особенно в условиях интенсивного строительства и эксплуатации зданий и сооружений в различных климатических условиях.

Использование химических добавок становится неотъемлемой частью технологического процесса при производстве бетона [1,10]. Они позволяют регулировать время твердения, повышать морозостойкость, водонепроницаемость и, главное, прочность бетона. В данной статье рассматриваются различные виды химических добавок и их влияние на прочностные характеристики бетонных смесей. Целью работы является анализ существующих данных и выявление наиболее эффективных добавок, способствующих повышению прочности бетона.

Основные типы добавок:

1. Пластификаторы и суперпластификаторы
2. Замедлители и ускорители твердения
3. Воздухововлекающие добавки
4. Гидрофобизаторы
5. Противоморозные добавки

Пластификаторы и суперпластификаторы:

Назначение: снижают водоцементное отношение (W/C), улучшая подвижность смеси

Способы действия:

1.Электростатическое отталкивание (лигносульфонаты):

2.Стерическое отталкивание (поликарбоксилаты):

Примеры соединений:

Лигносульфонаты: $C_9H_{10}O_2(OH)_3(SO_3Na)$

Поликарбоксилаты: $[–CH_2–CH(COOR)]$

Принцип работы пластификаторов и суперпластификаторов

а) Лигносульфонаты (электростатическое отталкивание)

Лигносульфонаты — это анионные полимеры с сульфонатными группами ($-SO_3^-$).

В воде они диссоциируют:

$C_9H_{10}O_2(OH)_3(SO_3Na) \rightarrow C_9H_{10}O_2(OH)_3(SO_3^-)+Na^+$

Анионы ($-SO_3^-$) адсорбируются на поверхности цементных частиц, заряжая их отрицательно. Это создаёт эффект электростатического отталкивания между частицами:

$Ca^{2+} \parallel (SO_3^-)$ – лигносульфонат-цемент

Цементные частицы перестают слипаться → вода распределяется равномерно → смесь становится более подвижной.

б) Поликарбоксилаты (стерическое отталкивание)

Поликарбоксилатные суперпластификаторы (ПКС) — это полимеры с карбоксильными ($-COO^-$) и полиэтиленоксидными ($-CH_2CH_2O-$) цепями. Они работают по двойному механизму:

1)Комплексообразование с кальцием (связываются с Ca^{2+}, уменьшая его способность склеивать частицы):

$2[–CH_2–CH(COO^-)] + Ca^{2+} \rightarrow$ Полимер – Ca^{2+} – Полимер

2)Стерическое отталкивание (длинные боковые цепи полиэтиленоксида создают пространственные барьеры между цементными частицами, мешая их агрегации).

В результате цементные частицы разделяются и не слипаются, бетон становится текучим даже при низком содержании воды.

Разница между пластификаторами и суперпластификаторами:

Обычные пластификаторы (лигносульфонаты) дают умеренное разжижение смеси, их эффект ограничен.

Суперпластификаторы (поликарбоксилаты) намного сильнее уменьшают водоцементное отношение, не вызывая расслоения смеси [5].

Замедлители твердения

Назначение: замедляют гидратацию цемента, продлевая время работы с бетонной смесью. Образуются комплексы с кальцием, замедляющие рост гидратных фаз.

Примеры соединений: лимоннокислый натрий ($Na_3C_6H_5O_7$), фосфаты (Na_3PO_4)

Эти добавки применяются в тех случаях, когда необходимо удлинить время работы с бетоном, например, в жаркую погоду или при больших объемах бетона.

Эти добавки применяются в тех случаях, когда необходимо удлинить время работы с бетоном, например, в жаркую погоду или при больших объемах бетона.

Гидратация цемента: когда вода добавляется в цемент, начинается химическая реакция - гидратация. В этой реакции ключевую роль играют ионы кальция Ca^{2+}, которые высвобождаются из компонента цемента, называемого триокись кальция (Ca_3SiO_5), и начинают реагировать с водой:

$Ca_3SiO_5+3H_2O \rightarrow Ca_3SiO_5 \bullet H_2O + Ca(OH)_2$

Основной продукт этой реакции — гидросиликат кальция ($Ca_3SiO_5 \cdot H_2O$), гидроксид кальция ($Ca(OH)_2$) – побочный продукт.

Влияние замедлителя на эту реакцию: замедлители влияют на реакцию гидратации цемента и замедляют её скорость. Это происходит через взаимодействие с ионами кальция Ca^{2+}, которые высвобождаются при гидратации цемента.

1. КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ С ИОНАМИ КАЛЬЦИЯ:

$Ca^{2+} + C_6H_5O_7^{3-} \rightarrow Ca(C_6H_5O_7)_2^{-2-}$

Здесь ион кальция Ca^2 взаимодействует с ионом цитрата $C_6H_5O_7^{3-}$, образуя комплекс $Ca(C_6H_5O_7)_2^{2-}$, который замедляет реакции гидратации цемента, поскольку кальций больше не доступен для участия в гидратации цемента.

Ускорители твердения.

Назначение: ускоряют гидратацию цемента, что критично при низких температурах.

Примеры соединений: хлорид кальция ($CaCl_2$), нитраты и нитриты кальция ($Ca(NO_3)_2$, $Ca(NO_2)_2$)

Эти добавки используются, когда необходимо ускорить процесс затвердевания бетона, например, при низких температурах или когда нужно быстро достичь необходимой прочности бетона.

Реакция ускорения твердения.

1) Диссоциация хлорида кальция:

Когда в воду добавляется хлорид кальция ($CaCl_2$), он диссоциирует, то есть распадается на ионы. Это важный шаг, потому что диссоциированные ионы кальция (Ca^{2+}) и хлора (Cl^-) влияют на реакцию гидратации цемента:

$CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$

2) Ускорение гидратации цемента:

После того как хлорид кальция диссоциирует на ионы, ион кальция Ca^{2+} активно участвует в реакции гидратации цемента. Как было сказано ранее, цемент состоит из разных минералов, и при добавлении воды начинают протекать реакции, в которых ионы кальция участвуют в образовании гидросиликатов кальция.

Когда ионы кальция Ca^{2+} присоединяются к гидроксиду OH^-, они образуют гидроксид кальция ($Ca(OH)_2$), что ускоряет процесс твердения бетона.

Реакция ускоренной гидратации:

$Ca^{2+} + 2OH^- \rightarrow Ca(OH)_2$

Воздухововлекающие добавки — это химические вещества, которые добавляются в бетонную смесь для того, чтобы вовлечь микроскопические пузырьки воздуха в структуру бетона. Эти пузырьки распределяются равномерно в материале и влияют на его свойства.

Назначение: улучшают морозостойкость бетона, создавая микропузырьки воздуха, снижают поверхностное натяжение воды в смеси.

Примеры соединений:

Стеараты (соляные соли жирных кислот) $C_{17}H_{35}COONa$

Механизм действия воздухововлекающих добавок.

Воздухововлекающие добавки, такие как стеараты, могут вступать в реакцию с ионами кальция, образуя водоотталкивающую пленку. Это пленка помогает стабилизировать пузырьки

воздуха, предотвращая их разрушение и помогая поддерживать равномерное распределение пузырьков в бетоне.

Реакция выглядит следующим образом:

$R – COO^- + Ca^{2+} \rightarrow Ca(R–COO)_2$

> $R\text{-}COO^-$ – это анион стеарата (щелочной или кальциевый стеарат, например).

> Ca^{2+} – ион кальция

В результате реакции образуется кальциевый стеарат $Ca(R–COO)_2$, который является частью водоотталкивающей пленки. Водоотталкивающая пленка, образующаяся на основе стеарата кальция, стабилизирует пузырьки воздуха, помогая бетону сохранить свои характеристики в течение времени.

Гидрофобизирующие добавки.

Назначение: снижают впитываемость воды в бетон, повышая его долговечность.

Примеры соединений: кремнийорганические соединения (силоксаны, силаны), битумы и парафины.

Силоксаны и силаны: проникают в поры бетона и химически связываются с компонентами цемента, образуя гидрофобные связи. Эти соединения создают барьер для воды и предотвращают её проникновение.

Битумы и парафины: образуют непроницаемую пленку на поверхности бетона, блокируя поступление влаги внутрь. Эти добавки особенно полезны для защиты бетона от воздействия внешней среды, таких как дождь или химические вещества.

Механизм действия гидрофобизирующих добавок

Реакция гидрофобизации: когда гидрофобизирующие добавки, такие как силоксаны (например, R-Si-OH), вступают в реакцию с гидроксидом кальция ($Ca(OH)_2$), который присутствует в цементе, происходит образование гидрофобных связей, которые создают защитный слой:

$R–Si–OH + Ca(OH)_2 \rightarrow R–Si–O–Ca + H_2O$

• R - Si - OH — это гидроксилсиликоновый соединение (силоксан или силан).

• $Ca(OH)_2$ — это гидроксид кальция, который присутствует в цементе.

• R - Si - O - Ca — это образующийся гидрофобный силикат кальция, который улучшает водоотталкивающие свойства бетона.

• H_2O - это вода, которая высвобождается в процессе реакции.

Противоморозные добавки.

Назначение: снижают точку замерзания воды, предотвращая разрушение бетона при низких температурах.

Примеры соединений: карбамид (мочевина) $(NH_2)_2CO$, соли: хлориды (например, хлорид кальция $CaCl_2$), нитраты (например, нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$), формиаты (например, формиат натрия HCOONa).

Физико-химическое действие противоморозных добавок: противоморозные добавки действуют согласно закону Рауля, который описывает снижение температуры замерзания растворителей (в данном случае воды) при добавлении в них растворенных веществ.

Закон Рауля выражается формулой:

$T_f = -K_f \times m$, где:

T_f - снижение температуры замерзания (разница между нормальной температурой замерзания и новой температурой замерзания)

K_f - криоскопическая константа растворителя (для воды это известная константа, характерная для воды);

m - молекулярная концентрация растворенного вещества в растворе, выраженная в моль на килограмм растворителя

Таким образом, согласно закону Рауля, при добавлении растворителей (например, соли или мочевины) в раствор, вода начинает замерзать при более низкой температуре, что предотвращает её замерзание в условиях холода.

Таблица 1-Типы добавок

Тип добавки	Примеры соединений	Химический механизм	Эффект на бетон
Пластификаторы	Лигносульфонаты, поликарбоксилаты	Адсорбция на частицах цемента, отталкивание	Увеличение текучести, снижение W/C
Замедлители	Лимоннокислый натрий, фосфаты	Комплексообразование с ионами Ca^{2+}	Замедление гидратации цемента
Ускорители	$CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$, Na_2SiO_3	Повышение концентрации Ca^{2+}, ускорение реакции	Быстрое твердение, риск коррозии
Воздухововлекающие	Стеараты, сульфаты	Образование микропузырьков	Повышение морозостойкости
Гидрофобизаторы	Силаны, парафины	Гидрофобизация поверхности цемента	Снижение водопоглощения
Противоморозные	Карбамид, хлориды, нитраты	Снижение точки замерзания воды	Защита бетона в условиях минусовых температур

Проблемы и ограничения добавок.

Совместимость:

• Поликарбоксилаты могут конфликтовать с другими добавками (особенно с ускорителями).

• Хлориды ускоряют твердение, но вызывают коррозию арматуры.

Дозировка:

• Избыток суперпластификаторов может вызвать расслоение смеси.

• Чрезмерное количество замедлителей может препятствовать твердению.

Экологические аспекты:

• Некоторые добавки (например, формальдегидные) токсичны.

• Альтернативы: биоразлагаемые пластификаторы, нанотехнологии.

Заключение.

Химические добавки — ключевой инструмент для модификации бетона. Поликарбоксилатные суперпластификаторы дают максимальный эффект текучести, но требуют точной дозировки. Ускорители и замедлители позволяют контролировать твердение, но могут снижать долговечность. Современные технологии (наночастицы, биоразлагаемые добавки) открывают новые возможности в строительной химии [8].

Выводы. Проведённый анализ и рассмотренные материалы позволяют сделать обоснованный вывод о значительном влиянии химических добавок на прочностные характеристики бетона, а также на его долговечность, удобоукладываемость, водонепроницаемость и другие важнейшие физико-механические свойства. Химические добавки, выступающие в роли модификаторов бетонной смеси, позволяют не только регулировать технологические параметры бетона в процессе его приготовления и укладки, но и управлять процессами гидратации цемента, обеспечивая более полное и равномерное протекание химических реакций, что, в конечном счете, сказывается на улучшении микроструктуры цементного камня.

Среди множества добавок особенно важны пластификаторы и суперпластификаторы, которые улучшают подвижность смеси без увеличения количества воды, тем самым обеспечивая оптимальное соотношение водоцементного отношения и прочности бетона. Введение добавок позволяет достигать более высоких показателей прочности уже на ранних сроках твердения, что особенно важно в условиях ускоренного строительства или зимнего

бетонирования. Кроме того, за счёт химических добавок удаётся существенно снизить расход цемента при сохранении (или даже повышении) прочностных характеристик бетона, что влечёт за собой не только экономический, но и экологический эффект.

Важно отметить, что эффективность химических добавок зависит от множества факторов, включая минеральный и химический состав цемента, дозировку добавок, температурно-влажностные условия твердения, а также условия эксплуатации конструкций. Поэтому для достижения наилучших результатов необходимо учитывать комплексное взаимодействие всех компонентов бетонной смеси и подбирать добавки с учётом конкретных условий и требований к конструкции.

Таким образом, применение химических добавок представляет собой мощный инструмент научно-технического прогресса в строительстве, позволяющий создавать более прочные, долговечные и надёжные строительные материалы, и конструкции. Химия в строительстве, как междисциплинарная область, даёт возможность не только оптимизировать традиционные технологии, но и создавать инновационные материалы с заданными свойствами, соответствующие современным требованиям энергоэффективности, экологичности и устойчивости к внешним воздействиям. Это делает химические добавки неотъемлемым элементом современного строительного производства и ключевым фактором в повышении его эффективности и качества.

Список литературы

1. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2009.
2. Журавлёв В. А., Пономарёв В. Г. Химия строительных материалов: Учебник для вузов. — М.: Академия, 2020.
3. Кузнецова Н. Ю. Влияние химических добавок на свойства бетона // Вестник строительной науки. — 2021.
4. Иванов В. П., Степанов С. А. Химия в строительстве: Учебное пособие. — СПб.: Питер, 2019.
5. Соловьёв П. А. Современные пластифицирующие добавки и их влияние на прочность бетона // Бетон и железобетон. — 2020.
6. Соколов И. В. Исследование влияния суперпластификаторов на прочность и долговечность бетона // Технологии бетона. — 2022. — №2.
7. Мельников Д. С. Химические добавки в строительстве: теория и практика. — Екатеринбург: УрФУ, 2021.
8. Фёдоров А. Н. Инновационные подходы к улучшению прочностных характеристик бетона // Наука и технологии в строительстве. — 2023. — №1.
9. Neville, A. M. Properties of Concrete. 5th ed. — London: Pearson Education, 2011.
10. Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 4th ed. — New York: McGraw-Hill, 2014.

УДК 661.185:665.3

С. Рахматулаева, К. Касеинова, Э.И. Сырымбекова, Т.К. Кудайбергенова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S. Rakhmatulaeva, K. Kaseinova, E.I. Syrymbekova, T.K. Kudaybergenova
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic
Sezym-25@kstu.kg,kaliya.nurlanova@mail.ru, e.syrymbekova@kstu.kg t.kudaibergenova@kstu.kg

ТАБИГЫЙ ЧИЙКИ ЗАТТАРДАН (ӨСҮМДҮК ЖАНА МАЛДЫН МАЙЫНАН) КИР САМЫН АЛУУ ЫКМАСЫ

ПОЛУЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО МЫЛА ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ (РАСТИТЕЛЬНЫХ И ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ)

OBTAINING HOUSEHOLD SOAP FROM NATURAL RAW MATERIALS (VEGETABLE AND ANIMAL FATS)

Бул макалада табигый чийки заттардан — өсүмдүк майлары жана малдын майынан кир самын алуу процесси изилденет. Самындашуу (сапонификация) реакциясынын негизинде самындын химиялык курамы, касиеттери жана даярдоо технологиясы каралат. Ошондой эле кир самындын адам жашоосундагы орду жана экологиялык мааниси талданат.

Түйүндүү сөздөр: *кир самын, самындашуу, сапонификация, өсүмдүк майы, малдын майы, натрий гидроксиди, глицерин, май кислоталары, экологиялык таза самын, антибактериалдык касиет, табигый чийки заттар.*

В данной статье исследуется процесс получения хозяйственного мыла из природного сырья — растительных масел и животных жиров. На основе реакции омыления (сапонификации) рассматриваются химический состав мыла, его свойства и технология приготовления. Также анализируется роль хозяйственного мыла в жизни человека и его экологическое значение.

Ключевые слова: *хозяйственное мыло, омыление, сапонификация, растительное масло, животный жир, гидроксид натрия, глицерин, жирные кислоты, экологически чистое мыло, антибактериальные свойства, природное сырьё.*

This article examines the process of making household soap from natural raw materials - vegetable oils and animal fats. The chemical composition of soap, its properties and the technology of preparation are considered on the basis of saponification (saponification) reaction. The article also analyzes the role of household soap in human life and its ecological significance.

Key words: *household soap, saponification, saponification, vegetable oil, animal fat, sodium hydroxide, glycerin, fatty acids, environmentally friendly soap, antibacterial properties, natural raw materials.*

Киришүү.

Кир самын — күнүмдүк турмушта кеңири колдонулган, жогорку тазалоочу касиетке ээ гигиеналык каражат. Ал кийим-кече жууда, идиш-аяк тазалоодо жана дезинфекциялоо иштеринде колдонулат. Табигый майлардан алынган самындар экологиялык жактан коопсуз жана териге зыянсыз болуп эсептелет. Ошондуктан бүгүнкү күндө табигый самын өндүрүү маселеси актуалдуу болуп саналат.

Изилдөөнүн максаты.

Табигый чийки заттардан кир самын алуу ыкмасын изилдөө, анын химиялык курамын, касиеттерин жана турмуштагы маанисин аныктоо.

Чийки заттар жана материалдар.

Кир самын өндүрүүдө төмөнкү заттар колдонулат:

- Өсүмдүк майлары (күн карама, зайтун, кокос майы)
- Малдын майы (уй, кой майы)
- Натрий гидроксиди (NaOH)
- Суу
- Глицерин
- Чай дарагынын майы (жыт жана антибактериалдык касиет үчүн)

Кир самындын химиялык курамы.

Кир самын төмөнкү негизги компоненттерден турат:

1. Май кислоталарынын туздары (натрий стеараты, натрий пальмитаты) — негизги тазалоочу бөлүк.

2. Суу (H_2O).

Самындын жумшактыгын жана формасын сактайт.

3. Глицерин.Табигый кошумча продукт, терини кургатпоого жардам берет.

4. Щёлочь калдыктары (NaOH).

Өтө аз өлчөмдө болушу мүмкүн, бирок даяр самында дээрлик жок болот.

5. Чай дарагынын майы.

Антибактериалдык жана дезинфекциялоочу касиетке ээ.

Самын алуу технологиясы (эксперименталдык бөлүк).

1. **Майды даярдоо**.
2. Малдын майы эритилип, чыпкаланып тазаланат. Өсүмдүк майы түз колдонулат.

2. Щёлоч эритмесин даярдоо.

Сууга акырындык менен натрий гидроксиди кошулуп, аралашма муздатылат.

3. Аралаштыруу.

Май менен щёлоч 35–45°C температурада аралаштырылат.

4. Коюулантуу. Масса каймак сымал абалга келгенче аралаштырылат.

5. Глицерин кошуу.Самындын жумшактыгын жогорулатат жана терини коргойт.

6. Чай дарагынын майын кошуу.Антибактериалдык касиет берет.

7. Калыпка куюу.Даяр масса формага куюлуп катат.

8. Кургатуу.Самын 2–4 жума кургатылып, толук даяр болот.

Кир самындын касиеттери жана колдонулушу.

Кир самын кирди жакшы кетирет, бактерияга каршы касиетке ээ жана экологиялык жактан коопсуз. Ал кийим жууда, идиш тазалоодо жана санитардык иштерде кеңири колдонулат.

Жыйынтык.

Табигый майлардан алынган кир самын — экологиялык таза жана эффективдүү тазалоочу каражат. Самындашуу процесси аркылуу алынган самын турмушта чоң мааниге ээ. Глицерин жана чай дарагынын майын кошуу анын сапатын жогорулатып, териге жумшак таасир берет. Жалпысынан табигый самындар коопсуз жана пайдалуу продукт болуп эсептелет.

Адабияттар тизмеси

1. Адылов С.А., Асанов У.А. — *Органикалык химия*
2. Kevin M. Dunn — *Scientific Soapmaking: The Chemistry of the Cold Process*
3. Интернет булактары (самын өндүрүү жана сапонификация процесси боюнча материалдар)

УДК 62-621.2

Н.А. Абдирашитова, К.Р. Шайлообеков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.A. Abdirashitova, K.R. Shailoobekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
ShailoobekovK.R@mail.ru

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ

ИШЕНИМДҮҮЛҮКТҮ КАМСЫЗ КЫЛУУ МЕНЕН ГАЗ БӨЛҮШТҮРҮҮ ТАРМАГЫНЫН ОПТИМАЛДУУ ВАРИАНТЫН ТАНДОО

SELECTING THE OPTIMAL GAS DISTRIBUTION NETWORK OPTION WHILE ENSURING RELIABILITY

Бишкек шаарынын Ленин районундагы «Ак-Ордо» турак жай комплекси үчүн эң натыйжалуу газ бөлүштүрүү тармагынын вариантын тандоо максатында техникалык жана экономикалык факторлорду эске алуу менен эсептөөлөр жана талдоо жүргүзүлдү.

Ак-Ордо турак жай комплекси үчүн оптималдуу газ бөлүштүрүү тармагынын варианты минималдуу учурдагы нарктын негизинде, ошондой эле зарыл болгон ишенимдүүлүктү камсыз кылуу максатында, ошол эле учурда бул аймакта газ менен камсыздоо системасын андан ары өнүктүрүү мүмкүнчүлүгүн эске алуу менен тандалып алынган.

Түйүндүү сөздөр: *жаратылыш газы, газ менен жабдуу системалары.*

Проведены расчеты и анализ с учетом технических и экономических факторов для выбора наиболее рационального варианта сети газораспределения жилого массива «Ак – Ордо», Ленинского района города Бишкек.

Выбор оптимального варианта газораспределительной сети жилого массива «Ак – Ордо», осуществлен на основе гидравлического расчета и минимальных приведенных затрат, а также с учетом обеспечения необходимой надежности и возможности дальнейшего развития системы газоснабжения данного района.

Ключевые слова: *природный газ, системы газоснабжения.*

Calculations and analysis, taking into account technical and economic factors, were conducted to select the most efficient gas distribution network option for the «Ak-Ordo» residential complex in the Leninsky District of Bishkek.

The optimal gas distribution network option for the «Ak-Ordo» residential complex was selected based on minimum present value costs, as well as to ensure the necessary reliability, while taking into account the possibility of further development of the gas supply system in this area.

Keywords: *natural gas, gas supply systems.*

Для рассматриваемого района наиболее целесообразным вариантом является двухступенчатая закольцованная система газоснабжения. Для средних и мелких производственных предприятий газ подаётся по закольцованной системе газоснабжения

среднего давления [1]. Природный газ для бытовых и коммунально-бытовых потребителей подается из газораспределительных сетей низкого давления от ШГРП.

Основной задачей гидравлического расчёта газораспределительных сетей является определение значений диаметров газопроводов с учетом пропуска рассчитанного количества газа, с определенными потерями давления от шкафного газораспределительного пункта (ШГРП) до конечного потребителя с принятым значением перепада давления.

Значения диаметров газопроводов на каждом участке определяем по расходу газа и допустимым потерям давления на данном участке. При расчете в наружных газораспределительных сетях перепад давления будем принимать 1200 Па. Т.е. при равномерности гидравлического режима газораспределительной сети и при заданном перепаде давления будет обеспечена подача газопотребителям требуемого количества природного газа [2, 3, 4].

При подборе диаметров участков полукольца сетей газораспределения необходимо предусмотреть возможность его работы в аварийном режиме (см. рис. 1).

Аварийные режимы сетей газораспределения могут возникнуть вследствие следующих аварийных ситуаций как:

- утечка газа из-за повреждения трубопроводов, коррозии, дефектов сварных швов или разгерметизации соединений, что сопровождается резким падением давления и прекращением подачи газа;
- понижение давления газа из-за выхода из строя оборудования, например, регуляторов давления ШГРП, запорной арматуры, систем автоматики и контроля, а также гидрат образование в газопроводах (запорной арматуре) и засор фильтров ШГРП;
- повышение давление приводит к повреждению оборудования, срабатыванию предохранительно-защитной арматуры и отключению подачи газа;

Исходя из вышесказанного для повышения надёжности газораспределительных сетей, минимизации рисков и обеспечения бесперебойного и безопасного газоснабжения потребителей необходимо рассчитывать аварийные режимы.

Коэффициент обеспеченности газом при аварийных ситуациях для бытовых потребителей (ГРП) принимаем в пределах от 0,8 до 0,85; для отопительнопроизводственных котельных – от 0,7 до 0,75 в зависимости от наличия резервного топлива; для промышленных предприятий – от 0,5 до 0,9 [5, 6].

Данное требование означает, что при проектировании газораспределительной сети необходимо учитывать возможность возникновения аварий и заранее обеспечивать её устойчивую работу в таких условиях.

Рабочее полукольцо как часть кольцевой газовой сети, которая в нормальном режиме функционирует совместно с другими участками, а при аварии (например, при отключении повреждённого участка) принимает на себя дополнительную нагрузку. В случае выхода из строя одного из элементов сети происходит перераспределение потоков газа, и система должна продолжать снабжать потребителей без существенных перебоев.

Условие, согласно которому рабочее полукольцо должно пропускать около 75 % расхода аварийного участка, означает следующее:

- при отключении повреждённого участка сеть не должна полностью терять пропускную способность;
- большая часть потребителей должна продолжать получать газ в допустимых объёмах;
- допускается временное снижение подачи (до 25 %), но без критических последствий для системы;
- диаметр труб, пропускная способность и давление в рабочем полукольце должны быть заранее рассчитаны с учётом этой дополнительной нагрузки.

Таким образом, это требование является важным элементом обеспечения надёжности газораспределительной сети. Оно позволяет системе сохранять работоспособность в аварийных ситуациях, минимизируя перебои в газоснабжении и повышая общую безопасность эксплуатации.

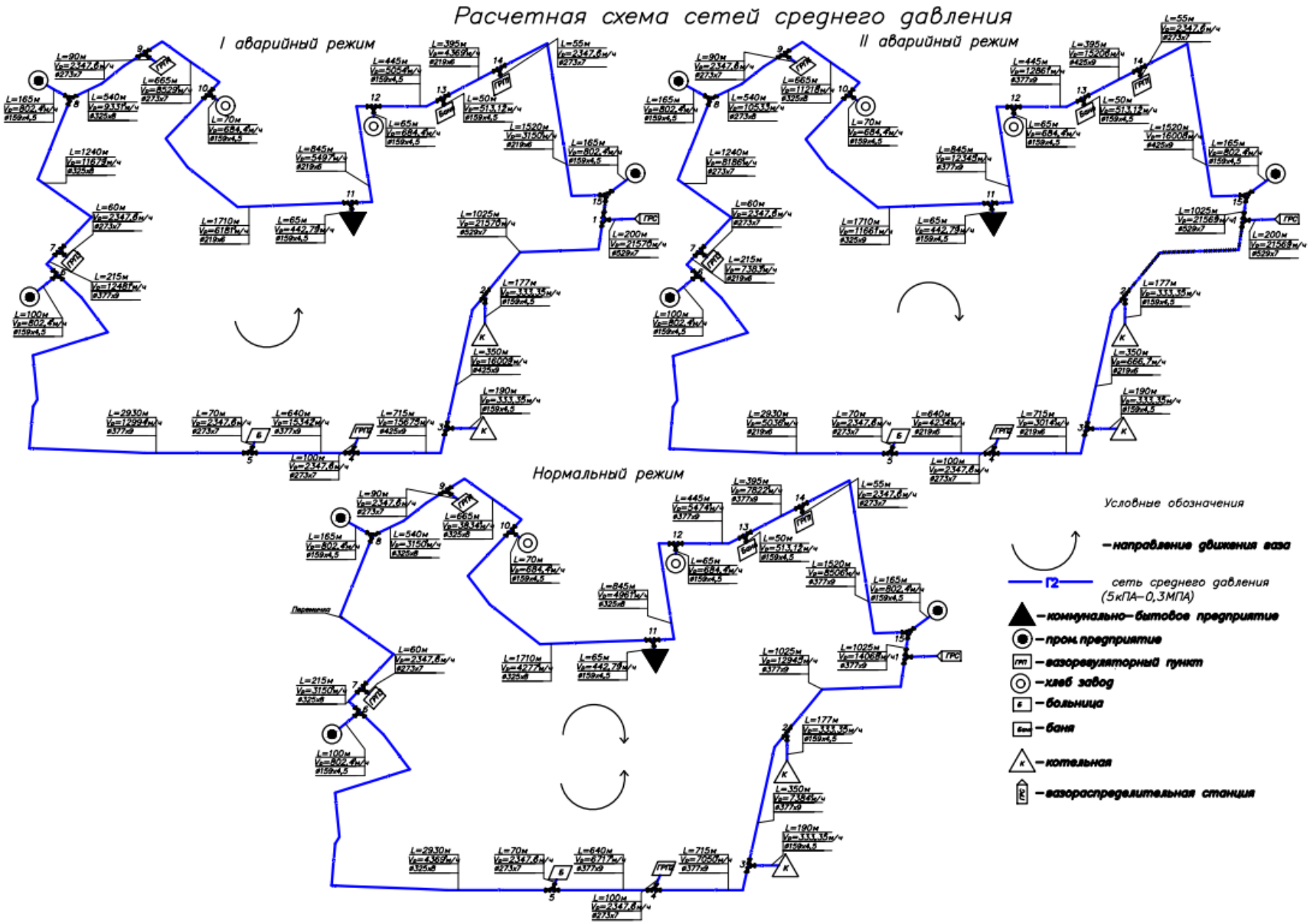


Рисунок 1 - Расчетные схемы сети газораспределения: I аварийный режим; II аварийный режим; нормальный режим

ШГРП понижают уровень давления природного газа и поддерживает его на заданном значении, поэтому оптимальные параметры принимаются следующими паромерами [7]:

- диапазон эффективной пропускной способности принимается в пределах 2500–3500 м3/ч;
- радиус действия составляет от 0,8 до 1,5 км.

Также мы должны учитывать, что принятые решения должны быть не только надежными и безопасными, но и экономически обоснованными на стадии проектирования [10].

В рамках проведения технико-экономического обоснования провено сравнение двух вариантов № 1 предусмотрено использование 6 газорегуляторных пунктов шкафного типа (ШГРП), тогда как в варианте № 2 — 4 ШГРП.

При сравнительном анализе вариантов прокладки газовых сетей низкого давления принимается во внимание стоимость трубопроводов, запорной арматуры, компенсирующих устройств и ШГРП.

Сравнение стоимости трубопроводов, необходимых для реализации двух вариантов строительства системы газораспределения, показало, что стоимость трубопроводов для I варианта значительно превышает аналогичный показатель для II варианта. Это связано с большим объёмом используемых материалов и большей протяжённостью. Таким образом, II вариант отличается более низкими затратами на закупку и укладку трубопроводов, что подтверждает его экономическую целесообразность при прочих равных условиях [8, 9].

Результаты расчёта капитальных вложений и эксплуатационных затрат на строительство системы газораспределения для двух вариантов представлен на рис. 2.

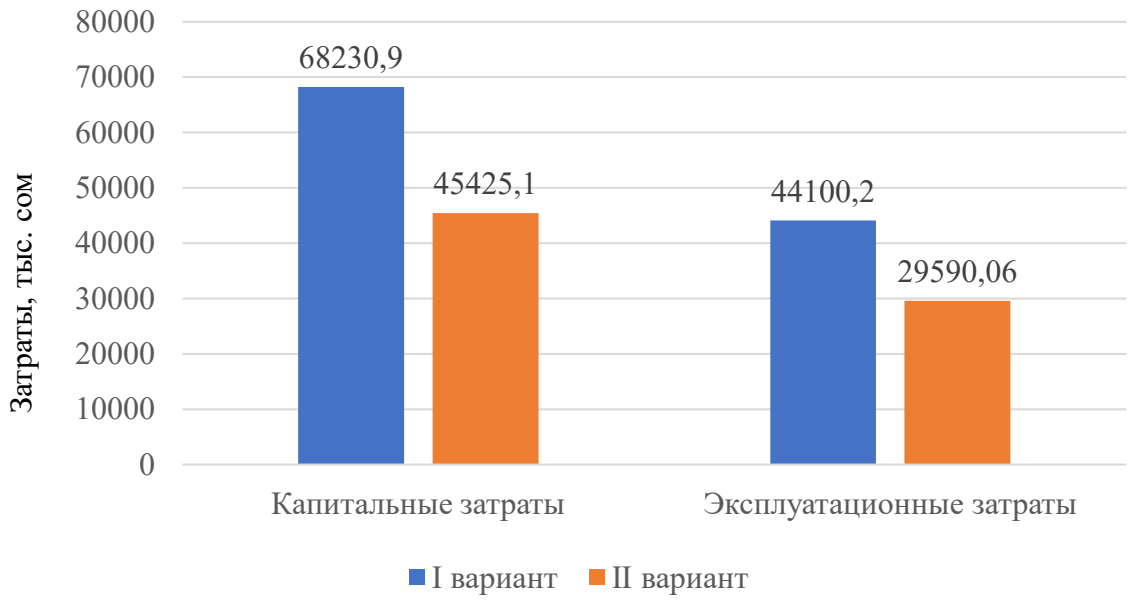


Рисунок 2 - Капитальные вложения и эксплуатационные затраты на строительство системы газораспределения для двух вариантов

Следовательно, по полученным результатам капитальные вложения и эксплуатационные затраты строительства системы газораспределения с шестью ШГРП (I вариант) превышают на 33, 6 % расходы при строительстве по варианту с четырьмя ШГРП (II вариант).

Экономически эффективным является II вариант, как с меньшими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами.

Вывод: Проведенное технико-экономическое обоснование и гидравлический расчет позволяет выбрать наиболее целесообразную схему сетей газораспределения, обеспечивающую эффективную и бесперебойную работу системы при оптимальных затратах.

Список литературы

1. Торчинский Я.Л. Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем. Л.: Недра, 1988.-240с.
2. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем. 4.1.
3. СН КР 42-02:2020. Проектирование систем газоснабжения. — Бишкек, 2020.
4. СНиП КР 42-02:2015. Строительство систем газоснабжения. — Бишкек, 2015.
5. Стаскевич, Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа [Текст] / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец. - Л.: Недра, 1990. - 762с.
6. Стаскевич Н.Л. Справочное руководство по газоснабжению. Л.: Недра, 1990.-407с.
7. Шур, И. А. Газорегуляторные пункты и установки [Текст] / И. А. Шур. — Л. : Недра, 1985. — 288 с.
8. Табунщиков Ю.А., Коптев Д.В., Жила В.А., Клочко А.К., Соловьева Е.Б. Выбор эффективности систем газораспределения. / Научно-технический журнал Вестник МГСУ Периодическое изд. №8/2011. / М.: 222с.
9. Журавлев М.В., Авдолимов Е.М. Совершенствование проектирования распределительных систем теплогазоснабжения на основе математического моделирования / Научно-технический журнал Вестник МГСУ Периодическое изд. №7/2011. / М.: 498 506с.
10. Сайт ОсОО «Газпром Кыргызстан» — URL: https://kyrgyzstan.gazprom.ru/

УДК 62-621.2

Н.А. Абдирашитова, К.Р. Шайлообеков
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.A. Abdirashitova, K.R. Shailoobekov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
ShailoobekovK.R@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ ВНУТРИДОМОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

ДОЛБООРЛООДО ҮЙДҮН ИЧИНДЕГИ ГАЗ ТҮТҮКТӨРҮНҮН ОПТИМАЛДУУ ДИАМЕТРЛЕРИН АНЫКТОО

DETERMINING THE OPTIMAL DIAMETERS OF INTRA-HOUSE GAS PIPELINES IN DESIGN

Бул макалада газ менен камсыздоо системаларын курууда үй ичиндеги газ түтүктөрүнүн оптималдуу диаметрлерин аныктоо принциптери каралат. Негизги басым болжолдуу агым ылдамдыгын, жол берилген басым жоготууларын жана эксплуатациялык талаптарды эске алуу менен ишенимдүү жана коопсуз газ менен камсыздоону камсыз кылууга багытталган. Оптималдуу диаметрди тандоо талап кылынган системанын иштөө параметрлерин камсыз кылаары көрсөтүлгөн. Эсептелген маалыматтарга жана учурдагы

эрежелерге негизделген диаметрди тандоонун практикалык мисалы келтирилген.
Түйүндүү сөздөр: *жаратылыш газы, газ менен жабдуу системалары.*

В работе рассматриваются гидравлические расчеты определения оптимальных диаметров внутридомовых газопроводов при проектировании систем газоснабжения зданий. Основное внимание уделено обеспечению надежной и безопасной подачи газа с учетом расчетных расходов, допустимых потерь давления и эксплуатационных требований. Показано, что выбор оптимального диаметра обеспечивает требуемые параметры работы системы. Приведен пример практического подбора диаметров на основе расчетных данных и действующих нормативных документов.
Ключевые слова: *природный газ, системы газоснабжения.*

This paper examines the principles of determining the optimal diameters of in-house gas pipelines when designing building gas supply systems. The focus is on ensuring reliable and safe gas supply, taking into account estimated flow rates, permissible pressure losses, and operational requirements. It is demonstrated that selecting the optimal diameter ensures the required system operating parameters. A practical example of diameter selection based on calculated data and current regulations is provided.
Key words: *natural gas, gas supply systems.*

При проектировании необходимо рассматривать оптимизацию газораспределительных сетей как комплексный процесс, направленный на создание надежной, безопасной и экономически эффективной системы путем подбора оптимальных диаметров труб (для обеспечения нужной пропускной способности и минимизации потерь давления), выбора материалов, трассировки сети, а также расчета требуемых параметров давления и расхода газа, что включает гидравлические расчеты и учет капитальных и эксплуатационных затрат [1, 2, 3].

Рассмотрим пути оптимизации систем газораспределения [4, 5]:

1. Гидравлический расчет при проектировании. На этом этапе определим диаметров труб и расчет потерь давления, чтобы обеспечить необходимый расход газа всем потребителям при допустимом перепаде давления, используя уравнения гидравлики.
2. Экономическая эффективность и целесообразность принятия решения при проектировании определяется снижением капитальных затрат (стоимость труб, земляных работ) и эксплуатационных расходов (энергия, потери газа).
3. Пропускная способность для обеспечения эффективного использования энергии газа для транспортировки, что достигается правильным выбором диаметров газопроводов.
4. Обеспечение безопасности и надежности при проектировании с учетом требований прочности, устойчивости и долговечности, чтобы исключить аварийные ситуации.
5. Выбор материалов и оборудования для обеспечения применения современных, сертифицированных материалов и оборудования, соответствующих нормам.
6. Обеспечения снижение потерь природного газа для минимизации утечек и потерь давления в сети.

Возможные методы оптимизации, которые можно применять при проектировании [6]:

- Моделирование и расчеты: Использование специализированного программного обеспечения для проведения гидравлических расчетов, моделирования режимов работы и оценки различных вариантов.
- Итерационный метод: Постепенное уточнение диаметров и трассировок для достижения наилучшего баланса между техническими требованиями и экономикой.
- Учет пиковых нагрузок: Расчет максимальных часовых расходов газа для корректного выбора диаметров, а годовых — для планирования.

В качестве примера рассмотрим коммунально-бытовое предприятие, как кафе от существующего газопровода низкого давления по ул. Ынтымак 7 линия, находящегося в городе Бишкек (см. рис. 1).

I-я очередь строительства: газификация котельной;

II-я очередь строительства: газификация кухни.

Диаметр в точке подключения: D 219 мм.

Давление газа в точке подключения: 0,0016-0,0018 МПа.

Материал трубы в точке подключения: сталь.

Тип изоляции трубы в точке подключения: «Весьма усиленная» (липкими лентами).

Глубина заложения в точке подключения: 0,8 м.

Проектом предусмотрена установка следующего газового оборудования в отдельно стоящей котельной:

- газового котла Baxi LUNA HT Residential 1.650 – 1 шт.,
- водонагреватель накопительный Baxi SAG2 195 T – 1шт.,
- газовой плиты 6-горелочная Ф6ЖТЛПДГ,
- газовой плиты 4-комфорочной ПГ-4,
- узла учета расхода газа BK-G 10.

Расчет внутридомовых газопроводов производят после выбора и размещения оборудования (см.рис. 2) и составления графического изображения системы газоснабжения в виде аксонометрической схемы (см. рис. 3).

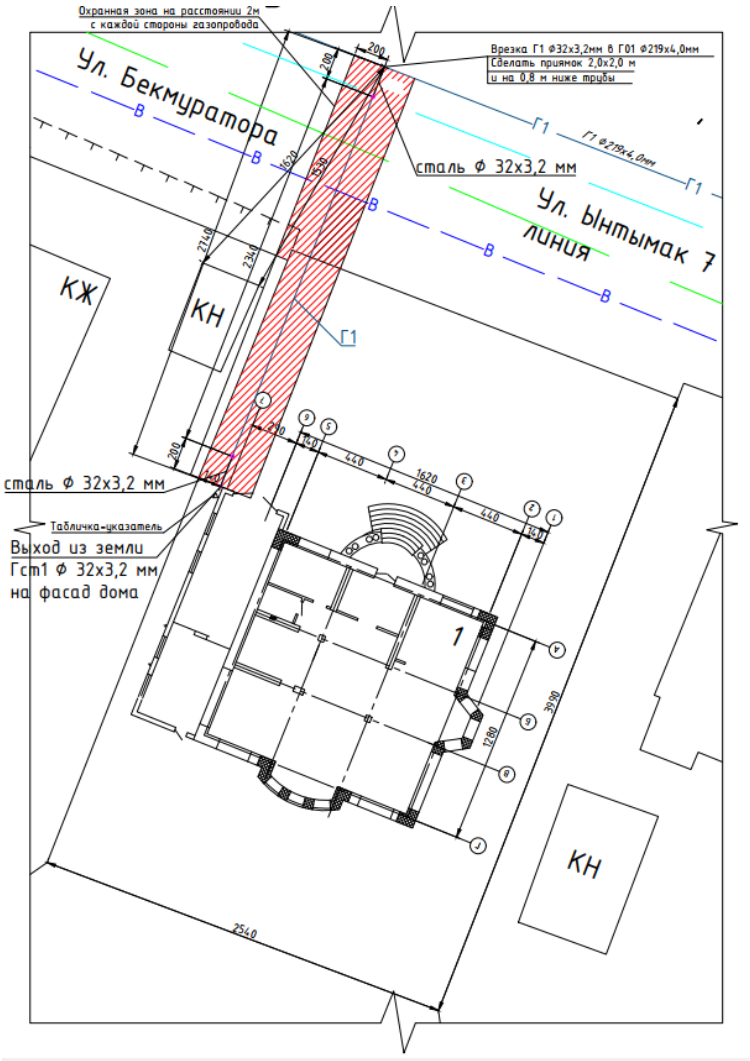


Рисунок 1 - Генплан газифицируемого объекта

Гидравлический расчет внутреннего газопровода производится для самого верхнего и самого дальнего прибора.

На расчетной схеме проставляем номера узловых точек от самого дальнего верхнего прибора до ввода в здание. Определяем расходы газа по участкам домовой сети по номинальным расходам газа приборами.

Расчет внутреннего газопровода производен после выбора и размещения оборудования, после составления аксонометрической схемы газопроводов.

Газопроводы кафе присоединены к внутриквартальным газопроводам.

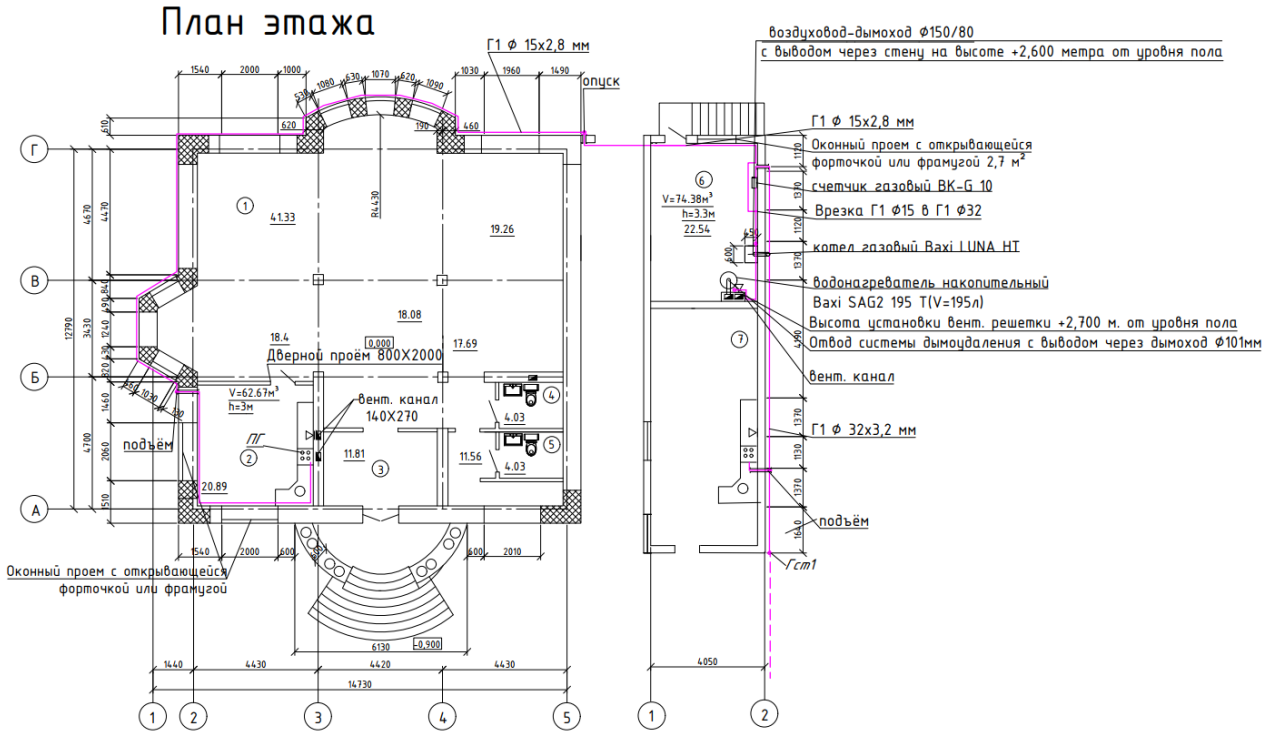


Рисунок 2 - Аксонометрическая схема газифицируемого объекта

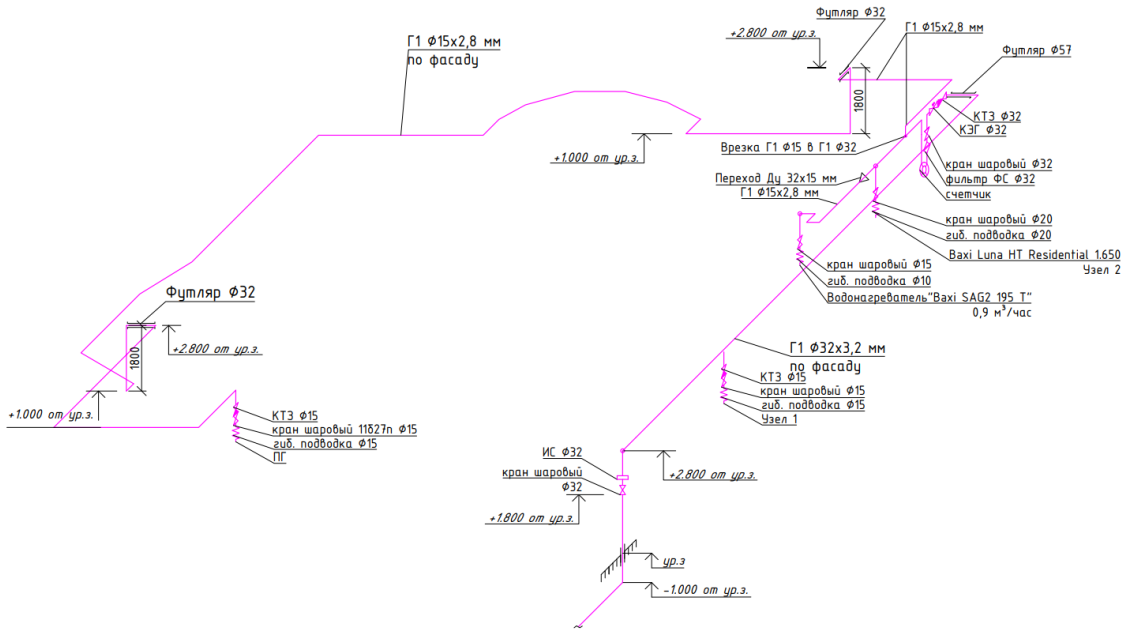


Рисунок 3 - Аксонометрическая схема газифицируемого объекта

На расчетной схеме проставляем номера узловых точек от самого дальнего верхнего прибора до ввода в здание. Определяем расходы газа по участкам домовой сети по номинальным расходам газа приборами.

Расчет внутреннего газопровода производен после выбора и размещения оборудования, после составления аксонометрической схемы газопроводов.

Газопроводы кафе присоединены к внутриквартальным газопроводам.

В качестве исходных данных приняты следующие параметры:

- газопровод низкого давления;
- расход газа 9,48 $м^3$/ч;
- давление газа начальное 1600 Па;
- длина газопровода 105 м;
- плотность газа 0,73 кг/$м^3$.

При расходе 9,48 $м^3$/ч предельно допустимые удельные потери на трение составляют 3,0 Па/м.

По проведенному гидравлическому расчету определяем диаметры газопроводов (см. рис.3), при этом максимальный диаметр составляет 32 мм.

Вывод: Определение оптимальных диаметров внутридомовых газопроводов является важным этапом проектирования, напрямую влияющим на безопасность, надежность и экономическую эффективность системы газоснабжения. Проведённые расчеты показали, что правильный выбор диаметра основывается на комплексном учёте расхода газа, длины и конфигурации трубопроводов, допустимых потерь давления и требований нормативных документов.

Список литературы

1. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем. 4.1.
2. СН КР 42-02:2020. Проектирование систем газоснабжения. — Бишкек, 2020.
3. СНиП КР 42-02:2015. Строительство систем газоснабжения. — Бишкек, 2015.
4. Стаскевич, Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа [Текст] / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец. - Л.: Недра, 1990. - 762с.
5. Стаскевич Н.Л. Справочное руководство по газоснабжению. Л.: Недра, 1990.-407с.
6. Торчинский Я.Л. Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем. Л.: Недра, 1988.-240с.

УДК 626.01

Н. Калдар уулу, Т. Жумадылов

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N. Kaldar uulu, T. Zhumadylov

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ ДЖАРДЫ-КАЙЫНДЫ В ПАНФИЛОВСКОМ РАЙОНЕ ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ

ЧҮЙ ОБЛУСУНУН ПАНФИЛОВ РАЙОНУНДАГЫ ЖАРДЫ-КАЙЫҢДЫ ДАРЫЯСЫНЫН ГИДРОЛОГИЯЛЫК МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН ИЗИЛДӨӨ

STUDY OF HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE JARDY-KAYYNDY RIVER IN PANFILOVSKY DISTRICT OF THE CHUYA REGION

Жарды-Кайынды дарыясын изилдөөнүн жана көп жылдык байкоолордун натыйжалары келтирилген. Бул макалада Жарды-Кайынды дарыясынын агымынын негизги гидроморфометриялык мүнөздөмөлөрү, абанын орточо көп жылдык орточо температурасы жана жыл ичиндеги бөлүштүрүлүшү каралат.

Түйүндүү сөздөр: *гидроморфометриялык мүнөздөмөлөрү, метеорологиялык станция, орточо айлык максималдуу аба температурасы, абсолюттук максималдуу аба температурасы, агып кириш, чыгуу.*

Приведены результаты изучения и многолетние наблюдения реки Джарды-Кайынды. В данной статье рассмотрены основные гидроморфометрические характеристики, и внутригодового распределение стока реки Джарды-Кайынды.

Ключевые слова: *гидроморфометрические характеристики, метеорологической станции, среднемесячная максимальная температура воздуха.*

The results of the study and long-term observations of the Jardy-Kaindy River are presented. This article examines the main hydromorphometric characteristics and the intra-annual distribution of the river's runoff.

Key words: *hydromorphometric characteristics, meteorological station, average monthly maximum air temperature.*

В статье приведены материалы выполняемого проекта ОсОО ОсОО «КЕА Проект»: «Строительство малой ГЭС-2 на реке Джарды-Каинды расположенный на территории айыльного аймака Курама».

Главные черты рельефа рассматриваемой территории выражены системой острогов Кыргызского хребта, предгорьями, предгорной равниной конуса выноса реки Джарды-Кайынды, абсолютные отметки местности колеблются от 1500 до 4000 м над ум.

Горные массивы Киргизского хребта вытянуты в широтном направлении, сложены гранитами, гнейсами и кристаллическими сланцами, широко распространены осыпи.

Предгорья представляют собой низкогорные возвышенности с выходами скальных пород, часто прикрытых лёссовидными суглинками, на которых широко развиты овраги (саи), которые служат поставщиками твёрдого стока в период прохождения паводков.

Предгорная равнина, образованная конусами выноса реки Джарды-Кайынды и временными водотоками (саями) плоская, наклонённая к северу и северо-западу, сложенная рыхлыми валунно-галечниковыми четвертичными отложениями мощностью до 300 м. Глубина подземных вод на участке конуса выноса от 100 до 50, это зона транзита подземных вод

На склонах гор формируется сток реки Джарды-Кайынды, который при выходе из гор разбирается на орошение и фильтруется в рыхлообломочных отложениях конуса выноса. Поэтому в пределах предгорной равнины величина поверхностного стока резко снижается и выклинивается на поверхность в низовьях реки в виде грунтовых вод

В своей верхней части долина реки имеет типичный высокогорный рельеф и представляет собой широкую троговую долину с крутыми вогнутыми склонами. Далее вниз по течению река протекает в узком ущелье шириной по дну до 60-80 м. Склоны долины возвышаются над дном до 800-1000 м, очень крутые, покрытые травянистой и кустарниковой растительностью. При выходе на равнину долина реки сливается с долиной реки Чу и становится слабовыраженной. В горной части русло реки почти на всем протяжении извилистое, однорукавное, шириной 5-15 м. Пойма отсутствует, берега возвышаются над меженными горизонтами воды до 1,5 м. Скорости течения в паводок достигают 3 - 4 м/с (при средней скорости 1,0 -1,5 м/с), а глубина потока 1,3-1,4 м.

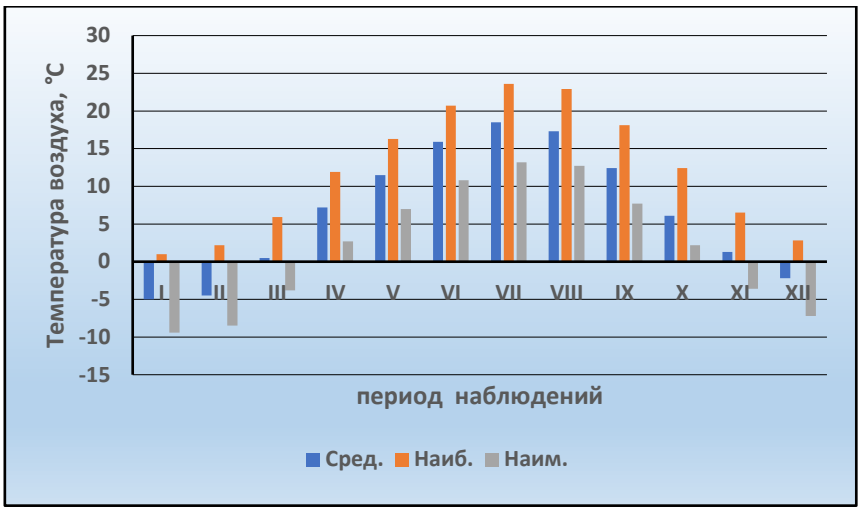


Рисунок 1- График средних месячных температур воздуха, 0С по МС «Байтик»

Нулевая изотерма и глубина сезонного промерзания для высоты 1600 м. Максимальная глубина проникновения нулевой изотермы под естественным снежным покровом 130 см.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов под открытой оголённой от снега поверхностью горизонтальной площадки следующая: суглинков и глин - 44 см; супесей, песков мелких и пылеватых - 55 см; песков гравелистых, крупных и средней крупности - 58 см; крупнообломочных грунтов - 66 см.

Угол естественного откоса поверхности земли вдоль русла реки не превышает 30 град. Это свидетельствует о высоких гидроэнергетических характеристиках водного потока и возможности применения строительной техники для его освоения.

Гидрография района представлена р. Джарды-Кайынды и каналами Кум - Арык, Сай.

Бассейн р. Джарды-Кайынды по формам ландшафта делится на две части: горную и равнинную.

В верхней части бассейна реки широко развито оледенение. В этой части рельеф водосбора типично горный. Склоны крутизной до 60^0 и более. Относительное превышение водоразделов над дном долины по низу - 60-100 м, по верху до 7-8 м. Эта зона наиболее активна в формировании поверхностного стока, так как годовая сумма осадков достигает 700 мм. Благодаря обильным осадкам и прохладному лету, здесь сформировались ледники и многолетние снежники, которые являются естественными аккумуляторами влаги, перераспределяющие сток в многолетнем разрезе.

В средней части, в пределах 3300-2000 м, крутизна склонов несколько уменьшается и составляет около 40^0. относительные превышения склонов достигают 1000-1200 м. долина реки V-образной формы. Ширина долины колеблется в пределах 70-500 м, Ширина водосбора по водоразделам 5-7 км.

Современное русло реки в верхней части бассейна глубоко врезано в дно долины на 3-4 м. Ширина его колеблется от 6 до 16 м. Сложено валунно-галечниковыми отложениями и отдельными валунами диаметром до 1.5-2.0 м. Берега обрывистые, высотой до 4-5 м, подвержены деформации. Скорости течения в паводок могут достигать 2.0-3.0 м/с, а глубина потока 1.0-1,4 м.

Средняя и нижняя части водосбора формируют грунтовый, дождевой сток, а также сток сезонных снегов.

В равнинной части воды реки полностью разбираются на орошение каналами Кум-Арык и Сай.

При выходе на равнину долина реки становится слабовыраженной. Русло реки разбивается на несколько рукавов и сток, особенно в весенне-летний период, практически не отслеживается.

Согласно классификации Б.Д. Зайкова р. Джарды-Кайынды относится г группе рек с весенне-летним половодьем Тянь-Шаньского типа.

По классификации В.Л. Шульца р. Джарды-Кайынды относится к группе рек ледниково-снегового типа питания. Положенное в его классификации отношение стока за период июль-сентябрь к стоку март-июнь равно 1.70.

Таблица 1 - Критерии определения типа питания

Участок реки	H ср.взв. км	$\delta = \frac{W_{VIII-IX}}{W_{III-VI}}$	Сток за VIII-IX месяцы в % от годового	Месяц с наибольшим стоком	Тип реки, по В.Л. Шульцу
гидропост р. Джарды Кайынды	3000	1.70	48.4	VII	I

Основным источником питания реки являются талые воды сезонных снегов и ледников. Дождевые воды в общем питании речного стока имеют второстепенное значение. В питании меженного и «базисного» стока значительное участие принимают подземные воды, которые, в основном, формируются талыми водами, претерпевшими трансформацию на водозаборе.

Соотношение между отдельными источниками питания меняется в широких пределах, если рассматривать его по фазово-однородным периодам.

По генетическим признакам в годовом стоке р. Джарды-Кайынды следует выделить три основных фазово-однородных периода:

1. Период снегового половодья, формируется преимущественно талыми водами сезонных снегов нижних и средних ярусов гор. Начало половодья определяется наступлением устойчивых положительных температур воздуха. Объём половодья коррелируется, в основном, с атмосферными осадками, среднемесячные расходы в этот период изменяются от 0,68 до 4,67 $м^3/с$.

2. Период снегово-ледникового половодья, формируемого преимущественно талыми водами высокогорных снегов, снежников и ледников. Этот период половодья совпадает с наиболее жарким периодом года, и сток его хорошо коррелируется с суммами положительных температур воздуха.

3. Период межени, когда речной сток питается водами, аккумулированными активной поверхностью водосборов, в первую очередь подземными водами. Этот период характеризуется относительно небольшими расходами воды 0.053 - 0,41 $м^3/с$, плавно снижающимися до начала половодья следующего года. Ввиду небольшой роли в питании межени талых вод, внутри суточные колебания расходов воды в это время не наблюдается.

Границы фазово-однородных периодов колеблются в широких пределах, в зависимости от гидрометеорологических условий года. Но, в целом, осреднённые границы этих периодов приходятся: для снегового половодья - апрель-июнь, для ледникового питания - июль-сентябрь и для межени - октябрь-март. Таким образом, в следствии вертикальной поясности источников питания в водосборе р. Джарды-Кайынды, гидрограф многовершинный.

В средней части бассейна р. Чу (куда относится и р. Джарды-Кайынды) для рек группы II (реки с весенним лимитирующим сезоном), с показателями питания $\delta>1,4$, в питании стока которых уже существенное значение имеют высокогорные снега и ледники и у которых внутригодовое распределение стока не связано с водностью года, а определяется особенностями сочетаний элементов водного и теплового баланса конкретных лет, расчётное относительное внутригодовое распределение стока даётся только для года средней водности.

Как показывает изучение внутригодового распределение стока реки Джарды-Кайынды относится к группе рек ледниково-снегового типа питания. Положенное в его классификации отношение стока за период июль-сентябрь к стоку март-июнь.

Список литературы

1. «Ресурсы поверхностных вод СССР» том 14, Средняя Азия, вып.3, бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим, Гидрометеоиздат, Л., 1973.
2. Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. Киселева П.Г. Москва. «Энергия» 1972 г. 312 стр.
3. 3.Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. Большакова В.А. Киев. «Вища школа» 1977 г. 273 стр.
4. 4.Прикладная гидромеханика. Под ред. Патрашев А.Н. «Воениздат», 1970 г. 688 с.
5. 5.Надежность гидромелиоративных сооружении. Под ред. Мирцхулавы Ц. Е. Москва. «Колос» 1974 г. 273 стр.

УДК 626.823.69: 626.824

А.Ж. Маматов, Н. Эстебес уулу
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. J. Mamatov, N. Estebes uulu
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
abdigaparmamatov0@gmail.com

СУУ ЧЕНӨӨЧҮ ТҮЗҮЛҮШТӨРДҮН ИШТӨӨ ШАРТТАРЫНЫН МҮНӨЗДӨМӨСҮ

ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ РАБОТЫ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

CHARACTERISTICS OF OPERATING CONDITIONS OF WATER METERING STRUCTURES

Кыргыз Республикасындагы сугат булактарынын мүнөздөмөлөрү жана гидрометрикалык станциялардын агымынын мүнөздөмөлөрү келтирилген. Төкмөлөрдүн суу объектилерине тийгизген таасири жана алардын иштөө шарттары баяндалган. Суу өлчөөчү курулуштар тургузулган магистралдык жана чарбалар аралык каналдардын параметрлери, агымдардын гидравликалык мүнөздөмөсү келтирилген. Талас, Ош жана Чүй облустарындагы каналдардын жана өлчөө станцияларынын өткөрүү жөндөмдүүлүгүнө талдоо жүргүзүлдү.

Түйүндүү сөздөр: *канал, агым режими, төкмөлөр, суу агымынын гидравликалык элементтери, өлчөөчү станция, суунун агымынын коэффициенти.*

Дана характеристика источников орошения Кыргызской Республики, расходных характеристик гидрометрических постов. Описывается влияние наносов на водные объекты и условия их эксплуатации. Даны параметры магистральных и межхозяйственных каналов, на которых возводятся водомерные сооружения, и гидравлические характеристики потоков. Выполнен анализ пропускной способности каналов и гидропостов Таласской, Ошской и Чуйской области.

Ключевые слова: *канал, режим течения, наносы, гидравлические элементы водного потока, гидрометрический пост, коэффициент водомерности.*

The characteristics of irrigation sources in the Kyrgyz Republic and the flow characteristics of hydrometric stations are given. The influence of sediments on water bodies and the conditions of

their operation is described. The parameters of the main and inter-farm canals on which water-measuring structures are erected, and the hydraulic characteristics of the flows are given. An analysis of the capacity of canals and gauging stations in Talas, Osh and Chui regions was carried out.

Key words: *channel, flow regime, sediments, hydraulic elements of water flow, gauging station, water flow coefficient.*

Киришүү. Сугаттын негизги булактары болуп дарыялар саналат, алардан суу республикалар аралык, райондор аралык жана чарбалар аралык каналдарга гана эмес, көбүнчө чарбалык тармакка да берилет. Бул сууну (анын керектөөсүн, көлөмүн) эсепке алуу үчүн адистер аларды (дарыяларды) «ылдамдык-аянт» ыкмасы менен суу ресурстарын эсепке алуунун каражаттары менен жабдууга аракеттенишет.

Изилдөөнүн максаты. Суу агымындагы агымдын ылдамдыгынын өзгөрүшүнүн кеңири диапазонунда сакталган өлчөө станцияларынын агымынын мүнөздөмөлөрүнүн туруктуулугу суунун агымынын коэффициенти [4] менен мүнөздөлөт.

$$K_в=Q_{max}/Q_{min}, \quad (1)$$

мында Q_{max} жана Q_{min} тиешелүүлүгүнө жараша максималдуу жана минималдуу агымдын чыгымы болуп саналат, аларды өзгөртүүдө конструкциянын агымынын коэффициенти туруктуу бойдон калат. Мелиоративдик системалардын ар кандай звеносунда сууну эсепке алуу үчүн өлчөө каражаттарын колдонуунун шарты Кв≥Кн.

мында Kn - он күндүк (же айлык) бирдей эместик коэффициенти мелиоративдик системанын каралып жаткан звеносу боюнча чыгымдар.

Дарыяларга карата агымдардын бирдей эмес бөлүштүрүлүшү алардын келүү түрүнө жараша болоору жана бир жыл ичинде суунун нормалдуу берилиши $К_н$=20-100, ошондой эле, анын максималдуу маанилери жаан-чачындуу дарыяларга туура келет.

Дарыялардын жылдык агымы өтө бирдей эмес бөлүштүрүлгөн [4,38], суу ташкыны март-апрель айларында башталып, сентябрда бүтөт, бул мезгилде жылдык агымынын 70-90%ке жакыны, эң жогорку агымы июнь-август айларында болот. Нөшөрлөп жааган жаандан улам болгон селдер республиканын бардык аймактарында көп болот (алар анализге алынгандардын 80-85% түзөт).

Республиканын дарыяларында сутка ичинде суунун агымынын олуттуу өзгөрүшү (1,5-2,0 эсе) менен мүнөздөлөт. Ушундан улам дарыялардагы өлчөө станцияларындагы суунун деңгээлинин жогорулашынын интенсивдүүлүгү нормалдуу мезгилде 0,02-0,45 см/мин, ал эми тездик менен өсүп жаткан суу ташкындарында 0,1-19,5 см/мин диапазондо өзгөрүп тураары, акыркысы негизинен жамгырлуу дарыялар үчүн мүнөздүү экендиги белгиленди.

Дарыялардагы суу агымынын гидравликалык элементтери [1, 2, 5] алардын узундугу боюнча гана эмес, алардагы суунун көлөмүнө жараша да өзгөрөт. Жалпысынан дарыялардын узундуктагы жантаюусу суу агымдарынын узундугу боюнча 0,05-0,01 же андан аз чегинде; бодуракайлык коэффициенти 0,03-0,15; агымынын тереңдиги 0,1-1,2 м; токтун ылдамдыгы 0,3-3,5 м/сек, кээ бир учурларда 5 м/с ашат.

Чоң узунунан кеткен эңкейиштерге карабастан, Фруд саны менен мүнөздөлгөн агымдын кинетикасынын коэффициенти дарыяларда сейрек 1ден ашат, бул каналдын катмарынын көбөйүшүнөн агымдын ылдамдыгын азайтуунун натыйжасы болуп саналат. Республиканын шартында чөкмөлөр негизинен дарыялардын тоолуу жана тоо этектериндеги участокторунда түзүлөт, мында алардын пайда болуу факторлору куймалардын ооздорунда көп сандаган аллювиалдык желдеткич калдыктары жана башкалар болуп саналат. Көбөйгөн (сел, сел) агындардын өтүшү учурунда катуу материалдардын бул топтолушу дарыяларды чарбалык жактан пайдалануу үчүн төмөнкү аймактарга жылып кете баштайт. Республиканын сууларында жогорку көлөмдө сүйрөлгөн жана асма чөкмөлөр бир убакта ташылат, ал эми [1, 2, 5]:

-асма чөкмөлүү суунун ылайлануусу ар кайсы дарыяларда өзгөрүлүп, 100-1000 г/м^3 жетет;

- ар кандай дарыяларда ташылуучу чөкмөлөрдүн чыгымы ар түрдүү жана 500-2000 же андан көп г/м3ге жетет;

- дарыя чөкмөлөрүнүн (өзгөчө токтоп калган) 90%ке жакыны ири (сел, сел) суу агып жаткан мезгилде пайда болот;

-суунун кирүү башталышында ошол эле суунун агымында суунун агымынын чөкмө менен каныккандыгы төмөндөө мезгилиндегиге караганда жогору болсо;

- дарыялардын узундугу боюнча асма жана ташылган чөкмөлөрдүн агымы өзгөрөт;

- агымдын жылдык агымы менен асма чөкмөнүн ортосундагы катыш туруктуу эмес жана, атап айтканда, дарыялардын узундугу боюнча өзгөрүп турат (тоолуу аймактарда агымдын агымы асма чөкмөдөн көп; суу агымынын капталдарында 0,02-0,03) - алар дээрлик түздөп кетет; аянттын эңкейиштери 0,02ден аз болсо, тартылуу чөкмөсүнө салыштырмалуу илинген чөкмөлөрдүн агып чыгуусу көбөйөт);

- асма чөкмө аралашмадагы максималдуу диаметр 0,6-0,8 мм, кээде 1,5 ммге жетет;

- ташылуучу чөкмөлөрдүн аралашмасындагы максималдуу диаметр суунун агымынын ылдамдыгына жана дарыялардын капталдарына жараша 30-500 мм, сел агындары өткөндө 1500-2000 ммге чейин жетет.

- Чөкмөлөр суунун агымынын ылдамдыгына жана дарыялардын жантаюусуна жараша түрдүү фракциялык курамына ээ.

Чөкмөлөрдүн суу объектилерине жана аларды эксплуатациялоо шарттарына терс таасири идиштердин жана суу агымдарынын ылайланышы, каналдардын жана гидротехникалык курулмалардын каптамаларынын эскириши, акыркысын куруунун наркынын жогорулашы менен гана эмес, ошондой эле дарыяларда гана эмес, ошондой эле суу агымын өлчөө процессинин татаалдашы менен мүнөздөлөт. Себеби, иштеп жаткан суу алуучу курулмалар мелиоративдик системалардын суу агымдарына алардын (чөкмөлөрдүн) киришин жойбойт. Агымды өлчөө процесси дарыялардын жана каналдардын сууларында курулуш жана турмуш-тиричилик калдыктары жана дрейф жыгачтары бар экендиги менен ого бетер оорлошуп, деңгээлди өлчөөчү приборлордун иштешине жана өзгөчө суунун агымынын нормасына терс таасирин тийгизет.

Мелиоративдик каналдар боюнча. Жаратылыш шартына жараша каналдар ар кандай долбоор менен курулат. Алар казууларда, жээктерде, жарым жээктерде болуп, жумшак жана катуу топурактарда тургузулат. Каналдар кесилишинин формасы боюнча трапеция, тик бурчтуу, параболалык, көп бурчтуу жана башка, ал эми агым режими боюнча тынч жана бороондуу агымдарга бөлүнөт.

Каналдар маанилүүлүгү боюнча магистралдык, чарбалар аралык, чарбалык, жергиликтүү бөлүштүрүүчү жана убактылуу сугатчы болуп саналат.

Магистральдык каналдар республикалар аралык, облустар аралык жана райондор аралык чоңдуктарга бөлүнөт, алардын сыйымдуулугу жана узундугу жөнүндө маалыматтар төмөнкү таблицада келтирилген [4].

1.1-таблица-Узундугу жана кубаттуулугу боюнча Кыргыз Республикасынын негизги каналдарынын саны

каналдардын саны (д.), узундугу боюнча (км)					каналдардын саны (д.), чыгымы боюнча (м^3/с)				
Баары	10-20	20-50	50-70	>70	Баары	10-20	20-50	50-70	>70
15	7	4	3	1	7	4	2	1	-

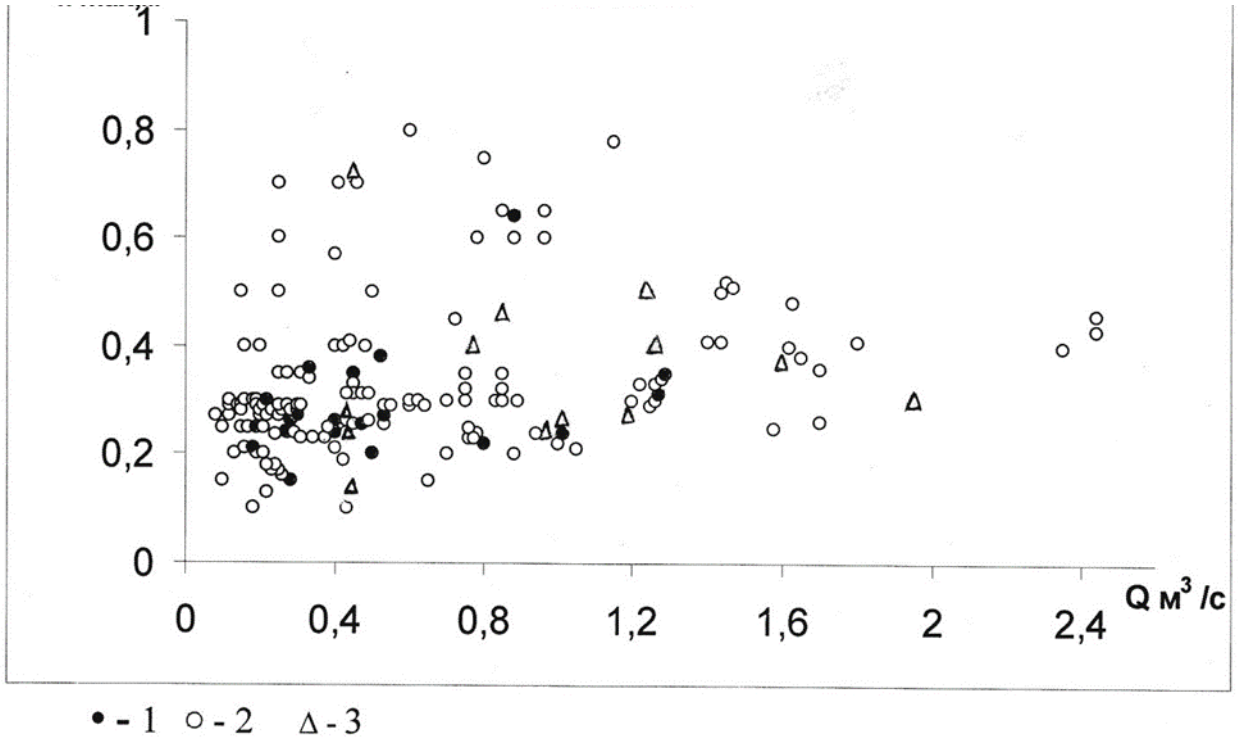
Суу өлчөөчү курулуштар тургузулган магистралдык жана чарбалар аралык каналдардын параметрлери, агымдардын гидравликалык мүнөздөмөлөрү төмөнкү таблицадагы маалыматтар менен мүнөздөлөт [4].

1.2-таблица - Республиканын магистралдык жана чарбалар аралык каналдарынын параметрлери жана гидравликалык мүнөздөмөсү

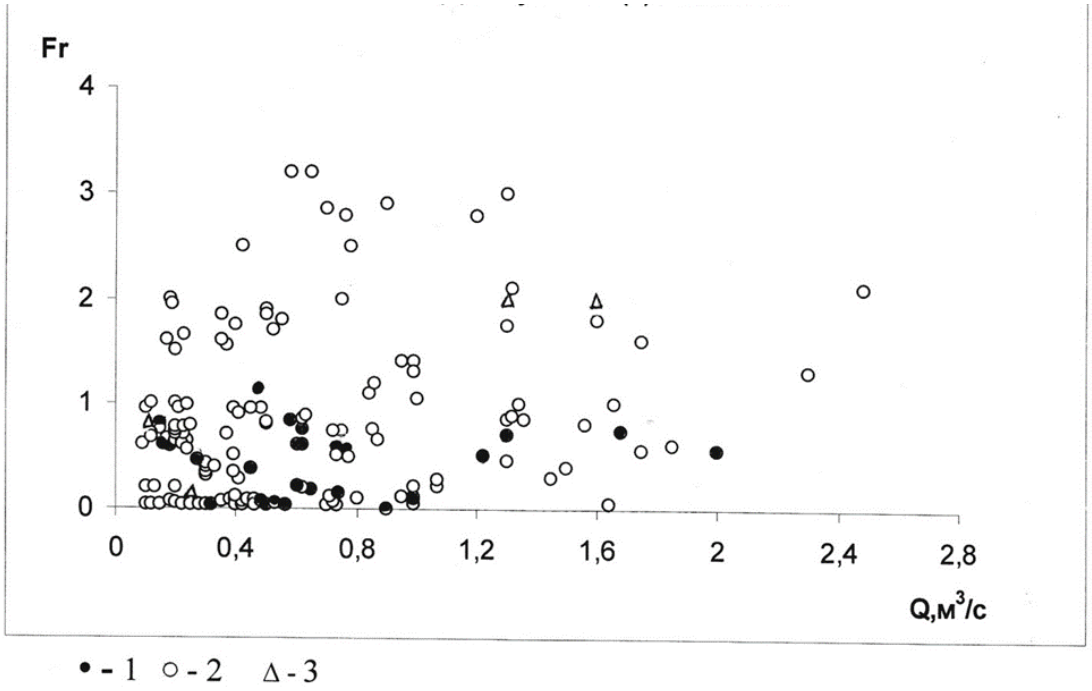
Каналдын аты	Течение потока		Каналдын жээк жанта юусу	Каналдын жанта юусу	Агымдын максималдуу тереңдиги, м	Агымдын максималдуу ылдамдыгы,м/с
	Режим	Фруда саны				
Магистралдык	Тынч, шар	0,03-0,40 1,1-12	1,5-2,0 0,0-3,0	<0,008 0,019-0,08	0,8-3,5 0,8-1,0	0,7-1,3 3,0-10,0
Чарба-аралык	Тынч, шар	0,05-0,9 1,1-5,0	1,0-1,5 1,0-1,5	<0,01 0,010-0,05	0,8-1,5 0,4-0,8	0,7-1,0 2,0-8,0

Магистралдык каналдардагы он күндүк агымдын тегиз эместигинин коэффициенти Kn≤10 же тагыраак айтканда Kn = 3-10. Чарбалар аралык канал-дарда он кундук чыгымдын тец эместигинин коэффициенти Кн = 5—15. Чарбадан тышкаркы каналдардагы суунун максималдуу агымы 1,0дон 3,0 м3/сек чейин өзгөрөт. Экономикалык каналдар көп жана аз өткөрүү жөндөмдүүлүгү менен мүнөздөлөт. Ошентип, чарба ичиндеги суу өлчөөчү түзүлүштөрдүн кубаттуулугун мүнөздөгөн 1.1 жана 1.2-пункттарында төмөнкүлөр көрсөтүлөт:

- чарбалык каналдардын максималдуу өткөрүмдүүлүгү 0,08-2,5 м3/с чегинде, ал эми көпчүлүк каналдар 0,08-1,0 м3/с суу өткөрүүгө ылайыкталган;
- чарбалык каналдардагы суунун максималдуу тереңдиги 0,3-1,0 м диапазондо, ал эми көпчүлүк суу агымдарынын толуусу 0,4 мден аз.



1-сүрөт. Талас (1) Ош (2) жана Чүй (3) облустарындагы каналдардын өткөрүү жөндөмдүүлүгү



2 – сүрөт. Талас (1) Ош (2) жана Чүй (3) облустарындагы объектилер боюнча Fr= f (Q) көз карандылык

Изилдөөнүн жыйынтыктары. Чарбалык каналдардагы суунун агымынын режимдерин 2-сүрөттөгү маалыматтардан аныктоого болот, андан төмөнкүдөй жыйынтык чыгат:

- көпчүлүк каналдар тынч агым режимине ээ, анткени Фруд сандары Fr<1.0;
- көптөгөн каналдардагы суунун агымынын режими турбуленттүү, агымдын кинетикалык параметри Fr = 1,1-4,0.
- түбү боюнча инженердик каналдардын туурасы 0,4-1,2 м, сейрек 1,5 м ашат.

Корутунду. Экономикалык каналдардагы он кундук чыгымдардын тегиз эместигинин коэффициенти Kn = 5-10. Республиканын мелиоративдик каналдары боюнча жогоруда көрсөтүлгөн маалыматтарга таянып, төмөнкүдөй мүнөздүү белгилерди аныктоого болот:

- өлчөнгөн суунун деңгээлинин, агымынын жана суунун агымынын ылдамдыгынын кеңири диапазону;
- сууда илинген жана ташылган чөкмөлөрдүн, курулуш жана турмуш-тиричилик калдыктарынын, ылайлануу жана каналдардын тыгынын пайда кылуучу жана өлчөөлөрдү кыйындаткан сүзүүчү объекттердин болушу;
- суунун агымын өлчөө каражаттарын тандоо боюнча ишти татаалданткан каналдардын параметрлеринин жана алардын кесилиш формаларынын кеңири диапазону.

Адабияттар тизмеси

1. Артамонов К.Ф. Регулировочные сооружения при водозаборе [Текст]: учеб. пособие / Артамонов К.Ф. – Фрунзе, 1963.

2. Крошкин А.Н. Некоторые особенности участков русел горных рек Киргизии [Текст]: автореф. дисс. …канд. техн. наук / Крошкин А.Н. – Фрунзе, 1962. – 25 с.

3. Рамазан М.С. Некоторые особенности гидрологического режима и гидротехническая классификация рек Киргизии – Фрунзе. Изд. АН Кирг. ССР, 1960. 4. Бейшекеев, К.К. Руководство по эксплуатации водомерных сооружений [Текст] / С.С. Сатаркулов, К.К. Бейшекеев, Х.М. Маллаев. – Бишкек: ДВХ МСВХиПП, 2001. – 122 с. 5. Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфометические характеристики горных рек. – Фрунзе: «Кыргызстан», 1968.

УДК 628

Н.Ч. Сабыкенова, Т.Х. Каримов, А.Н. Расулова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.CH. Sabykenova, T.H. Karimov, A.N. Rasulova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nurjan.sabykenova@mail.ru, tashmukhamed@mail.ru, aruunarasulova8@gmail.com

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КР

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ ЧАКАН КАЛКТУУ КОНУШТАР ҮЧҮН СУУНУ ТАЗАЛОО ЫКМАЛАРЫ

METHODS OF WATER TREATMENT FOR SMALL SETTLEMENTS OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Макалада чакан калктуу конуштар үчүн ичүүчү сууну тазалоонун заманбап ыкмалары каралат. Айрыкча айылдык аймактарда колдонууга мүмкүн болгон компакттуу жана экономикалык жактан натыйжалуу суу тазалоо технологияларына өзгөчө көңүл бурулган. Сууну тазалоонун механикалык, физикалык-химиялык жана биологиялык ыкмалары бар экени көрсөтүлүп, ошондой эле сууну даярдоонун заманбап модулдук орнотмолору да каралган. Кыргыз Республикасынын айыл аймактарында локалдык тазалоо курулмаларын жана суунун сапатын автоматташтырылган көзөмөлдөө системаларын колдонуу суу менен камсыз кылуунун натыйжалуулугун кыйла жогорулатары көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: *суу тазалоо, суу менен камсыздоо, чакан калктуу конуштар, фильтрация, коагуляция, зыянсыздандыруу.*

В статье рассматриваются современные методы очистки питьевой воды для малых населённых пунктов. Особое внимание уделено компактным и экономически эффективным технологиям водоочистки, которые могут применяться в сельских районах. Существуют механические, физико-химические и биологические методы очистки воды, а также рассмотрены современные модульные установки водоподготовки. Показано, что применение локальных очистных сооружений и автоматизированных систем контроля качества воды позволяет значительно повысить эффективность водоснабжения сельских территорий КР.

Ключевые слова: *очистка воды, водоснабжение, малые населённые пункты, фильтрация, коагуляция, обеззараживание.*

The article examines modern methods of drinking water treatment for small settlements. Particular attention is paid to compact and cost-effective water treatment technologies that can be used in rural areas. Mechanical, physico-chemical, and biological methods of water purification are considered, and modern modular water treatment units are also discussed. It is shown that the use of local treatment facilities and automated water quality monitoring systems can significantly improve the efficiency of water supply in rural areas of the Kyrgyz Republic.

Keywords: *water treatment, water supply, small settlements, filtration, coagulation, disinfection.*

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из важнейших задач системы водоснабжения. Особенно актуальна эта проблема для малых населённых пунктов КР, где часто отсутствуют централизованные системы водоочистки.
Источниками водоснабжения в таких населённых пунктах являются:

- подземные воды

- поверхностные воды (реки, озёра, водохранилища)
- родники

Качество воды в природных источниках часто не соответствует санитарным требованиям. Поэтому перед подачей воды населению необходимо проводить её очистку и обеззараживание.

Основной задачей является выбор эффективных, экономичных и простых в эксплуатации технологий очистки воды, которые могут использоваться в условиях сельских территорий.

1. Основные загрязнения воды.

Качество воды может ухудшаться из-за наличия различных загрязнений.

Основные виды загрязнений:

1. **Механические**
   - песок
   - глина
   - ил
   - взвешенные частицы
2. **Химические**
   - железо
   - марганец
   - соли жёсткости
   - нитраты
3. **Биологические**
   - бактерии
   - вирусы
   - микроорганизмы

Наличие данных загрязнений требует применения различных методов очистки.

2. Основные методы очистки воды.

Механическая очистка.

Механическая очистка предназначена для удаления взвешенных веществ из воды.

Основные процессы:

- отстаивание
- фильтрация
- Процеживание

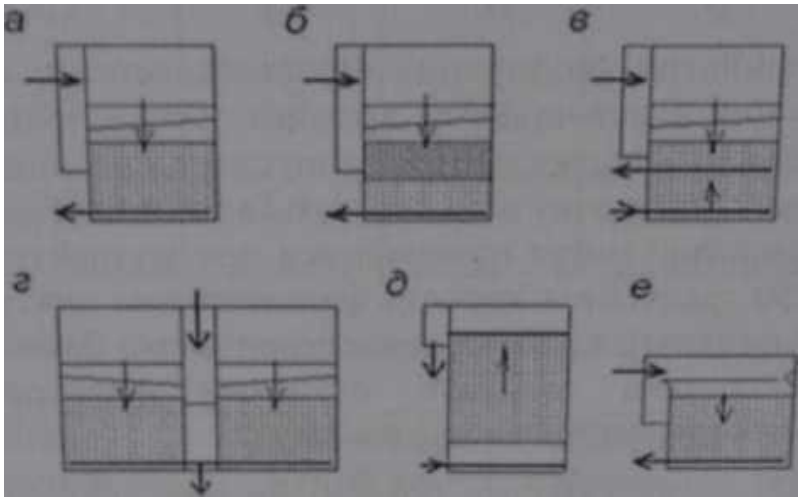
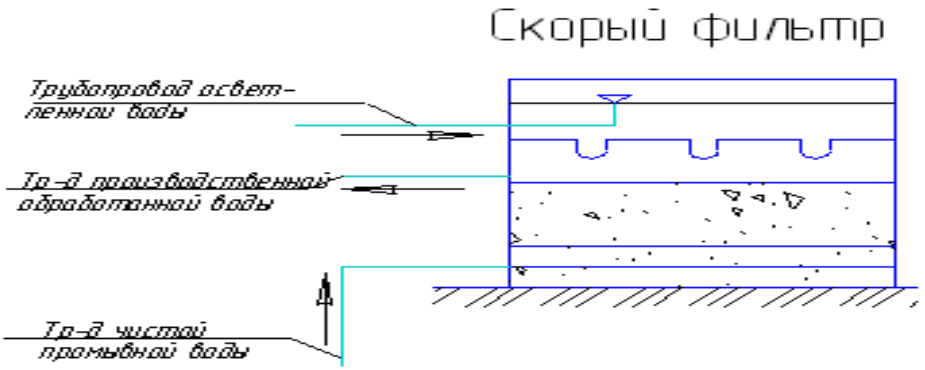


Рисунок 1- Схема скорого фильтра

Рисунок 1- Схемы скорых фильтров: а — однослойный безнапорный ***фильтр с*** боковым каналом; ***б*** **—** двухслойный фильтр; ***в*** **—** двухпоточный фильтр; ***г*** **—** фильтр с центральным каналом; **д** — фильтр с плавающей загрузкой; ***е*** — однослойный фильтр с низким горизонтальным отводом промывных вод.



2. Физико-химические методы

Коагуляция.

Коагуляция используется для удаления мелкодисперсных частиц.

В воду добавляют реагенты:

- сульфат алюминия
- хлорное железо

Происходит образование хлопьев, которые осаждаются в отстойниках.

3. Обеззараживание воды

После очистки вода должна быть обеззаражена.

Основные методы:

Хлорирование

Самый распространённый метод.

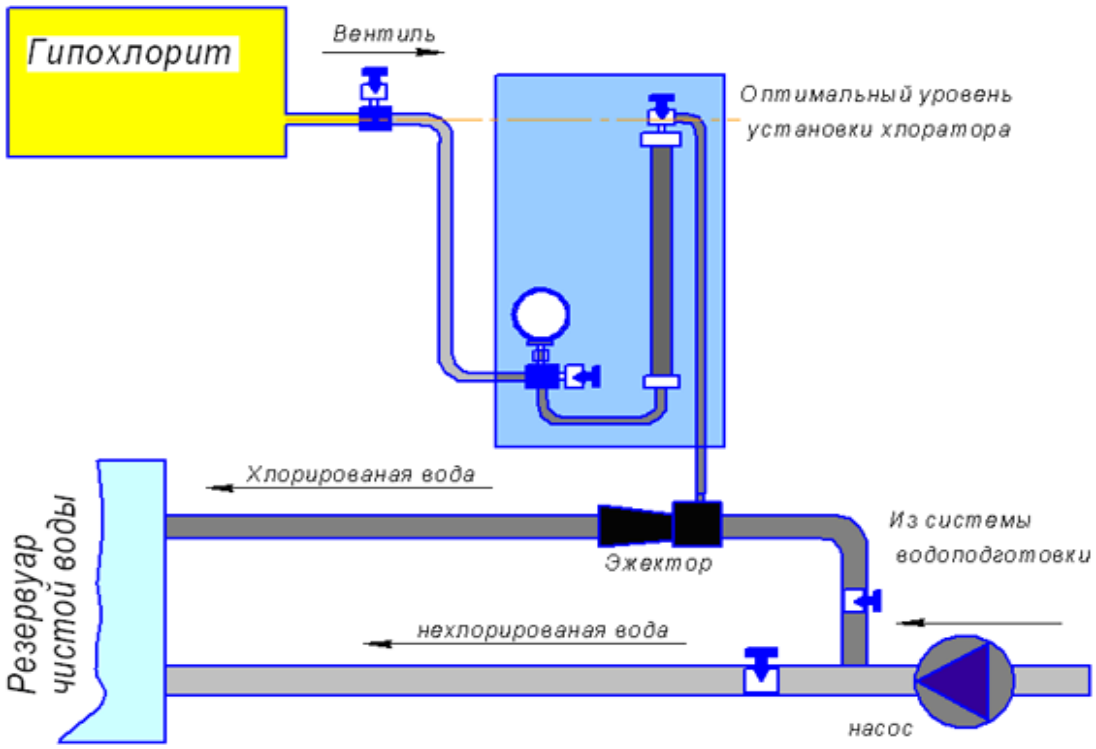


Рисунок 2 - Схема хлоратора

Ультрафиолетовое обеззараживание.

Современный метод обеззараживания воды.

Преимущества:

- отсутствие химических реагентов
- высокая эффективность
- экологическая безопасность

4. Компактные системы водоочистки

Для малых населённых пунктов широко применяются модульные станции очистки воды.

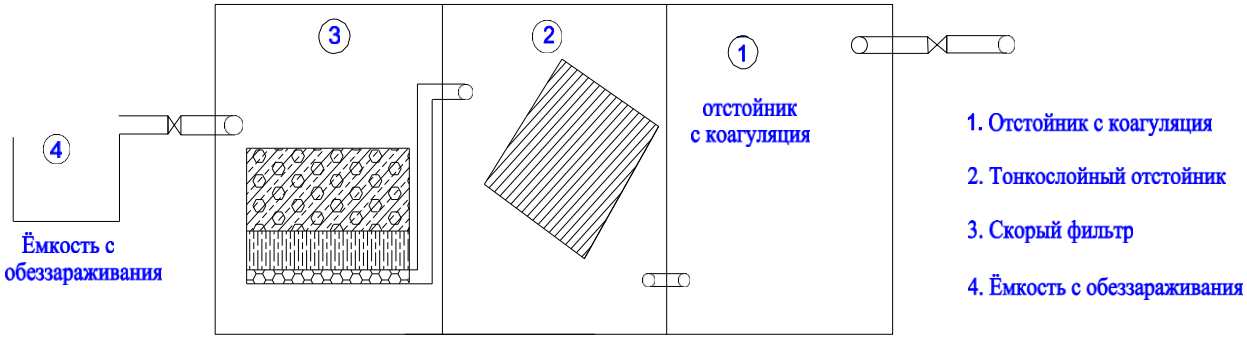


Рисунок 3 - Схема компактные установки для подготовки питьевой воды

Основные элементы:

1. насосная станция
2. фильтры
3. блок коагуляции
4. блок обеззараживания

Такие установки имеют следующие преимущества:

- компактность
- простота эксплуатации
- низкие энергозатраты
- автоматизация процессов

Заключение. Водоснабжение малых населённых пунктов требует применения эффективных и экономичных технологий очистки воды. Наиболее перспективными являются модульные станции водоподготовки, которые обеспечивают высокое качество очистки при минимальных эксплуатационных затратах.

Применение современных методов фильтрации, коагуляции и ультрафиолетового обеззараживания позволяет значительно повысить качество питьевой воды и обеспечить санитарную безопасность населения.

Список литературы

1. Каримов Т. Х., Исманбаев А. И., Осмонов Ж. И. Использование местныхприродных материалов для фильтрования воды // Журнал «Наука и новыетехнологии». Материалы I съезда инженеров Кыргызской Республики. Бишкек, 2002 г.
2. Каримов Т. Х., Абдурасулов И. А. Очистка сточных вод Республики Кыргызстан. Бишкек: КыргызНИИНТИ, 1991.
3. Каримов Т. Х., Исмаилова Э. К. Доочистка городских сточных вод. // Журнал «Наука и новые технологии» Материалы I съезда инженеров Кыргызской Республики. Бишкек, 2002 г.
4. Алексеев В.С. Водоснабжение и водоотведение. – Москва, 2018.
5. Петров И.А. Очистка природных вод. – Санкт-Петербург, 2019.

6. WHO? Guidelines for Drinking-Water Quality. – Geneva, 2022.
7. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
8. Водоснабжение сельских населенных пунктов. – Москва, 2020
9. Водовозов, А.И. *Очистка питьевой воды: теория и практика*. Москва, 2020.
10. Иванова, Е.П. *Современные технологии водоподготовки для малых населённых пунктов*. Санкт-Петербург, 2019.
11. Петров, С.Н. *Модульные установки очистки воды: инженерные решения*. Новосибирск, 2021.
12. Сидоров, В.В. *Автоматизированные системы контроля качества воды*. Москва, 2018.

УДК 631.147(0:632.95)

Н.Р. Абдыжапаров
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.R. Abdyzhaparov
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
abdyzhaparovnuradil@gmail.com

ЭКОЛОГИЯЛЫК АЙЫЛ ЧАРБА: КЕЛЕЧЕКТЕ ПЕСТИЦИД КОЛДОНУЛБАЙТ

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: БУДУЩЕЕ БЕЗ ПЕСТИЦИДОВ

ORGANIC FARMING: A FUTURE WITHOUT PESTICIDES

Экологиялык айыл чарба жана пестициддердин таасири — бул келечектеги тамак-аш коопсуздугу жана айлана-чөйрөнү сактоо маселеси. Пестициддердин зыяндуу таасиринен жылына 20 миңге жакын адам набыт болот, бул айыл чарбасында экологиялык чечимдерди табуунун актуалдуулугун көрсөтүп турат.

Түйүндүү сөздөр: *экологиялык коопсуздук, айыл чарба, өсүмдүктөр, адамдардын ден соолуктары, тамак аш, экология,Кыргызстан..*

Экологическое сельское хозяйство и воздействие пестицидов являются вопросом будущей продовольственной безопасности и охраны окружающей среды. Ежегодно от вредного воздействия пестицидов умирает около 20 тысяч человек, что указывает на неотложность поиска экологических решений в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: *экологическая безопасность, сельское хозяйство, растения, здоровье человека, продовольствие, экология, Кыргызстан.*

Organic agriculture and the impact of pesticides are a matter of future food security and environmental protection. Approximately 20,000 people die annually from the harmful effects of pesticides, highlighting the urgency of finding environmentally friendly solutions in agriculture.

Key words: *environmental safety, agriculture, plants, human health, food, ecology, Kyrgyzstan.*

Киришүү.

Учурдагы көйгөй: Химиялык уулардын (пестициддердин) зыяны.

Жыл сайын курттарды өлтүрүү үчүн тонналаган уулуу заттар чачылат.

Бул химиялык заттар топуракты бузат жана жер астындагы сууларды булгайт.
Ууланган жашылчалар адамдын ден соолугуна (аллергия, рак ооруларына) терс таасирин тийгизет. Пайдалуу курт-кумурскалар (мисалы, аарылар) кошо кырылат.

- Иштөө принциби - 1-кадам

Зыянкечтерди механикалык силкүү.

Трактордун алдыңкы бөлүгүндө атайын "активдүү селкинткичтер" (механикалык веник) орнотулган. Трактор жүрүп баратканда, бул вениктер картошка же башка өсүмдүктөрдүн жалбыректарын акырын силкип өтөт. Жалбыректагы колорадо коңуздары жана башка курттар топуракка күбүлүп түшөт. Өсүмдүккө зыян келтирилбейт.

- Иштөө принциби - 2-кадам

Вакуум менен соруу системасы. Жерге түшкөн зыянкечтерди трактордун артындагы күчтүү "алты катарлуу вакуумдук насос" соруп алат.
Бул кадимки эле чоң чаң соргуч сыяктуу иштейт. Курттар аба агымы менен сорулуп, чыпкаланып, атайын жыйноочу бункерге түшөт.

Экономикалык пайдасы.

• Дыйкандар жыл сайын кымбат баалуу химиялык дарыдармектерди (пестициддерди) сатып алуу чыгымынан толук кутулат. • Жумушчу күчүнө жана дары чачуучу техникаларга кеткен каражат үнөмдөлөт. • Бир жолу аппаратты сатып алуу менен, көп жылдык үнөмдөөгө жол ачылат.

Экологиялык пайдасы.

• Аба жана топурак уулуу химикаттардан таза бойдон калат. • Жаратылыштагы тең салмактуулук сакталат, топурактын курамы бузулбайт. • Курттарды жеген канаттуулар жана өсүмдүктү чаңдатуучу аарылар ууланып өлбөйт.

Изилдөөнүн максаты: Бул изилдөөнүн максаты — экологиялык айыл чарбаны өнүктүрүү жана пестициддерди колдонбостон өсүмдүктөрдү зыянкечтерден коргоонун альтернативдүү ыкмасын иштеп чыгуу. Тактап айтканда, тракторго орнотулган механикалык силккич жана вакуумдук соруу системасы аркылуу зыянкеч курт-кумурскаларды химиялык заттарсыз жок кылуунун натыйжалуулугун изилдөө болуп саналат.

Мындан тышкары, бул ыкманын экологиялык жана экономикалык артыкчылыктарын аныктоо, топурак менен суунун булганышын азайтуу, адам ден соолугун коргоо жана айыл чарбасында туруктуу, коопсуз өндүрүштү камсыз кылуу максаты коюлган.

Изилдөөнүн материалдары жана ыкмалары: Изилдөөнүн материалдары жана ыкмалары (Materials and Methods)
Пестицидсиз экологиялык айыл чарбасы үчүн иштелип чыккан агрегатты сыноо боюнча материалдар, техникалык база жана изилдөө ыкмалары кыскартылып, маанилүү пункттары менен төмөндөгүдөй тутумдаштырылды:
1. Изилдөөнүн материалдары жана техникалык базасы
Талаа шарттарында тажрыйбалык сыноолорду өткөрүү үчүн колдонулган техникалык жабдыктардын комплекси жана изилдөө объекттери:

- Базалык техника: Агрегатты кыймылга келтирүүчү кубаттуулугу 95 а.к. болгон, универсалдуу дөңгөлөктүү YTO LX 954 трактору.
- Селкинткич түзүлүш (Алдыңкы бөлүк): Трактордун алдына орнотулган, гидравликалык жетеклүү жана коргоочу каптамалуу, өсүмдүктү жабыркатпай силкип өтүүчү активдүү механикалык вениктер.
- Вакуумдук соруу тутуму (Арткы бөлүк): Күчтүү алты катарлуу вакуумдук насос, ийилчээк соруучу түтүктөр жана бөлүштүрүүчү ресивер коробкасы.
- Жыйноо жана чыпкалоо тутуму: Аба агымынан курттарды бөлүүчү циклондук механизм жана зыянкечтерди сыртка чыгарбай кармап туруучу герметикалык изоляцияланган бункер (контейнер).
- Изилдөө объекттери: Талаа шарттарындагы картошка өсүмдүгү жана анын негизги зыянкечи болгон Колорадо коңузу (жана башка курт-кумурскалар).

2. Изилдөөнүн ыкмасы (Агрегаттын иштөө принциби).

Зыянкечтерди химиялык уусуз, механикалык-вакуумдук жол менен тазалоо процесси илимий-тажрыйбалык негизде эки негизги этап менен ишке ашырылат:

- I этап — Механикалык силкүү: Трактор 5–8 км/саат ылдамдыкта катар аралык менен жүргөндө, алдыңкы бөлүктөгү активдүү вениктер картошканын жалбыректарын акырын силкип, коңуздарды жана личинкаларды өсүмдүккө зыян келтирбестен топуракка күбүп түшүрөт.
- II этап — Вакуумдук соруу: Жерге түшкөн зыянкечтер трактордун арткы бөлүгүндөгү алты катарлуу вакуумдук насостун күчтүү аба агымы аркылуу дароо сорулуп алынат. Курттар соруучу түтүктөр аркылуу циклондук бөлгүчкө барып, изоляцияланган бункерге толугу менен чогултулат.

3. Сыноонун кыскача натыйжалары
- Жумушчу көрсөткүч: Бир өткөндө бир убакта 3–4 катарды толук камтыйт.
- Натыйжалуулук: Өсүмдүк жалбыректарын зыянкечтерден тазалоонун эффективдүүлүгү 95%ке чейин жетти.
- Башкы жыйынтык: Пестициддерди колдонуу толугу менен токтотулуп, топуракты, сууну коргоого жана курамында уулуу заттары жок экологиялык таза азык өндүрүүгө шарт түзүлдү.

Изилдөөлөрдүн негизги жыйынтыктары.

1. Техникалык жана өндүрүштүк сыноолордун жыйынтыктары

Агрегатты YTO LX 954 (кубаттуулугу 95 а.к.) универсалдуу дөңгөлөктүү тракторуна интеграциялоо менен жүргүзүлгөн талаа сыноолору төмөнкүдөй жогорку техникалык көрсөткүчтөрдү көрсөттү:
- Жогорку тазалоо эффективдүүлүгү: Аппарат өсүмдүктөрдүн жалбыректарындагы зыянкеч курт-кумурскаларды (айрыкча Колорадо коңуздарын жана алардын личинкаларын) 95%ке чейинки тактык менен механикалык түрдө сыйрып, вакуумдук соруу тутуму аркылуу толугу менен чогултуп алды.
- Оптималный жумушчу ылдамдык: Талаада иштөө учурундагы эң натыйжалуу ылдамдык 5–8 км/саатты түздү. Бул ылдамдыкта өсүмдүктөрдүн сабактары сынып же жабыркап калбастан, зыянкечтерди максималдуу түрдө силкип түшүрүүгө шарт түзүлдү.
- Жумушчу камтуу кенендиги: Агрегат бир өткөндө бир убакта 3–4 катарды толук камтый алгандыктан, чоң аянттагы айдоо жерлерин кыска мөөнөттө иштетүүгө мүмкүндүк берди.
- Тутумдун туруктуулугу: Басым насосу, соруучу түтүктөр (вакуумдук система) жана тазалоочу башчалар үзгүлтүксүз иштөө убактысында басымдын туруктуулугун сактап, курттарды жыйноочу бөлүмгө (бункерге) коопсуз жеткирип жатты.

2. Техносфералык жана экологиялык коопсуздуктун жыйынтыктары.

Техносфералык коопсуздук (айлана-чөйрөнү коргоо) багыты боюнча жүргүзүлгөн баалоодо төмөнкүдөй маанилүү натыйжалар аныкталды:
- Пестициддердин уулуу таасирин нөлгө түшүрүү: Аппаратты колдонуу айыл чарбасында химиялык ууларды (пестициддерди) чачууну туруктуу түрдө токтотот. Жыл сайын тонналаган уулуу заттардын кыртышка түшүүсү толугу менен алдын алынды.
- Топуракты жана кыртышты коргоо: Топурактын курамында химиялык калдыктардын топтолушу токтоп, анын табигый микрофлорасы сакталат. Ошондой эле, пестициддердин жамгыр же сугат суулары менен кошо жер астындагы сууларга сиңип, сугат тутумдарын булгоо коркунучу жоюлду.
- Биоартүрдүүлүктү жана экосистеманы сактоо: Химиялык дарылар чачылбагандыктан, жаратылыштагы пайдалуу курт-кумурскалар, өзгөчө өсүмдүктөрдү чаңдатуучу аарылар кырылуудан аман калат. Бул экосистеманын табигый балансын калыбына келтирүүгө жардам берет.

3. Эмгекти коргоо жана адамдын ден соолугун сактоо көрсөткүчтөрү.

Изилдөөнүн эң негизги багыттарынын бири — бул айыл чарба кызматкерлеринин (тыйкандардын) коопсуздугу. Сыноолордун натыйжасында төмөнкүдөй жыйынтыктар такталды:

- Кесиптик ууланууну алдын алуу: Дыйкандар жана трактористтер химиялык уулуу заттар менен түздөн-түз байланышта болбойт. Дары чачуу учурунда операторлордун дем алуу органдарына, көзүнө жана терисине келе турган коркунучтар 100%га жоюлду.
- Таза продукция (Таза азык): Дары-дармексиз, экологиялык таза шартта өстүрүлгөн продукциянын сапаты кескин жогорулады. Курамында пестициддердин калдыктары болбогондуктан, мындай азыктар адамдарда кездешүүчү ар кандай аллергиялык реакциялардын жана оор онкологиялык (рак) оорулардын алдын алууга өбөлгө түзөт.

4. Экономикалык натыйжалуулуктун жыйынтыктары.

Аппаратты өндүрүшкө киргизүүнүн каржылык анализи төмөнкүдөй экономикалык пайдаларды көрсөттү:

- Туруктуу чыгымдардан кутулуу: Дыйкандар жана ири агро-чарбалар жыл сайын кымбат баалуу чет элдик химиялык дары-дармектерди сатып алууга жумшалуучу ири суммадагы чыгымдардан толук кутулушту.
- Жумушчу күчүн үнөмдөө: Талаадан кол менен курт терүүгө же атайын дары чачуучу кошумча техникаларды жалдап иштетүүгө кеткен каражаттар үнөмдөлдү.
- Инвестициянын акталышы: Аппаратты жасоого кеткен баштапкы чыгымдар (смета боюнча) бир же эки сезондун ичинде пестициддердин үнөмдөлүшү жана түшүмдүн сапаттуулугунун эсебинен өзүн-өзү толук актай турганы далилденди.

1.таблица.Вакуумдук зыянкеч тазалоочу агрегатты жасоонун болжолдуу сметасы

№	Компоненттин же жумуштун аталышы	Түшүндүрмө	Болжолдуу баасы (сом менен)
1	Кубаттуу вакуумдук турбина (Вентилятор)	Курттарды соруп алууга жетиштүү аба агымын түзүүчү борбордон качма өндүрүштүк вентилятор.	50 000
2	Гидравликалык мотор жана жетек тутуму	Турбинаны жана селкинткичтерди трактордун гидравликасына же ТУМга (ВОМ) туташтыруучу тетиктер.	35 000
3	Алты катарлуу соруучу түтүктөр жана насадкалар	Атайын калың гофраланган ийилчээк түтүктөр, соргуч башчалар жана бөлүштүрүүчү ресивер коробкасы.	22 000
4	Активдүү селкинткичтер (Механикалык вениктер)	Картошканын жалбыректарын акырын силкип өтүүчү валдар, щеткалар же жумшак вениктер тутуму.	16 000
5	Изоляцияланган бункер жана Циклондук бөлгүч	Курттарды абадан бөлүп алып, жыйноочу герметикалык темир танк (контейнер).	28 000
6	Негизги каркас (Рама) жана бекиткичтер	Трактордун алдыңкы жана арткы бөлүгүнө чиркөө үчүн колдонулуучу калың швеллер, профиль жана металлдар.	25 000
7	Жөнгө салуу жана коргоо тутумдары	Бийиктикти жөнгө салуучу шарнирлер, дөңгөлөкчөлөр жана өсүмдүктөрдү коргоочу каптал тосмолор.	14 000

8	Чыгымдалуучу кошумча материалдар	Болт-гайкалар, шлангдар, өткөргүчтөр, праймер жана сырткы боёктор.	12 000
9	Усталардын акысы (Инженердик жана ширетүү жумуштары)	Схема чийүү, темирлерди кесүү, ширетүү (сварка), кураштыруу жана аппаратты текшерүү (тесттен өткөрүү).	45 000

Корутунду.

Биздин өлкөдө экологиялык Айыл төрт багытта өндүрүлөт. Өсүмдүк азыктары, мал-чарбачылыгынын азыктарын, кайра иштетүү азыктары, суусундуктар. Fresh жемиштер жана жашылчалар, кургатылган жемиштер, жыпар жыттуу заттарын, крупа (буурчак, буурчак, жасмык), дан (буудай, арпа, сулу), дары жана жыпар жыттуу өсүмдүктөр, эт, сүт, бал, жумуртка жана зайтун майы, ун жана нан азыктары, зайтун майы, тоңуп калган тамак-аш, шарап, жемиш ширеси. жаратылыш ресурстарын биология жана химиялык азайып жашай турган калк менен көптөгөн генетикалык оорунун пайда болот. азык-түлүк, айыл чарба министрлиги тарабынан даярдалган туура айыл чарба иштери ченемдик укуктук актыларга ылайык туура азыктарынын керектүү элементтерди жана керек учурда азык belirlenmiştir.organik колдонуу жаратылыш ресурстарын органикалык айыл чарба негиздери жана ыкмалары менен камсыз кылуу жана мал абдан маанилүү. Экинчи дүйнөлүк согуш кылып, жер-жерлерге жаткан иш менен айлана-чөйрөгө жана адамдын ден соолугуна коркунуч бул иш-жыл окумуштуулар суу ресурстарын жасалган синтетикалык химиялык дары-дармектерди колдонууда айыл чарба иш-кийин тирүүлөрдүн жашоосуна да булгабашы үчүн коркунуч көрсөтүлгөн.

Адабияттар тизмеси

1. Ботбаева М.М.-Ботаника терминдеринин түшүндүрмө сөздүгү..
2. Будько М.И.-Глобальная экология.
3. Вернадский В.И.-Биосфера.
4. Дажо Р.-Основы экологии.

УДК 316.42

Н.Р. Абдыжапаров

И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.R. Abdyzhaparov

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

abdyzhaparovnuradil@gmail.com

ДҮЙНӨДӨГҮ ГЛОБАЛДУУ ПРОБЛЕМАЛАР

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В МИРЕ

GLOBAL PROBLEMS IN THE WORLD

Макалада азыркы таптагы курч экологиялык маселелер, айлана-чөйрөнүн булгануусу жана жаратылыш ресурстарынын ашыкча пайдаланылышы каралат. Тоолуу аймактардагы

экологиялык баланстын бузулушу, абанын сапаты жана калдыктарды башкаруу көйгөйлөрү талданып, аларды чечүүнүн укуктук жана практикалык жолдору сунушталат.

Түйүндүү сөздөр: *экология, булгануу, Кыргызстан, мөңгү, жаратылыш ресурстары, туруктуу өнүгүү.*

В статье рассматриваются актуальные острые экологические проблемы, загрязнение окружающей среды и чрезмерное использование природных ресурсов. Анализируются нарушения экологического баланса в горных районах, качество воздуха и проблемы управления отходами, а также предлагаются правовые и практические пути их решения.

Ключевые слова: *экология, загрязнение, Кыргызстан, ледники, природные ресурсы, устойчивое развитие.*

The article examines current pressing environmental issues, environmental pollution, and the excessive use of natural resources. It analyzes the disruption of ecological balance in mountainous regions, air quality, and waste management problems, and also proposes legal and practical solutions to address them.

Key words: *Ecology, pollution, Kyrgyzstan, glaciers, natural resources, sustainable development.*

Киришүү.

Глобалдык экологиялык проблемалар – глобалдык, региондук жана улуттук деңгээлде катталган экологиялык проблемалардын жыйындысы. Ага Дүйнөлүк океандын булганышы, минералдык ресурстардын түгөнүшү, «озон тешиги», парниктик эффект, кислоталуу жаан-чачын, чөлдөшүү, топурак кыртышынын деградациясы, токойсузданууу, радиоактивдүү булгануу, кен таштандыларын сактоо проблемалары, эл аралык апаат аймактардын пайда болушу (Арал, Чернобыль ж. Б.), өсүмдүк (лепидодендрон, сигиллярия ж. Б.) менен жаныбар (мамонт, тур, Стеллер ую, баштыкчан карышкыр, дронт, саякатчы көгүчкөн, каролина тотукушу ж. Б.), түрлөрүнүн жоголушу, кылым оорулары («СПИД», рак ж. Б.) кирет.

Эң негизги глобалдык экологиялык маселелер:

- Климаттын өзгөрүшү жана парник эффекти: Көмүр кычкыл газынын (\(CO_{2}\)) жана башка парник газдарынын атмосферага көп бөлүнүшүнөн улам жер шарынын жылуулушу.
- Озон катмарынын жукарышы: Күн радиациясынан коргогон озон катмарынын бузулушу (“озон тешиктери”), бул рак ооруларынын көбөйүшүнө алып келет.
- Дүйнөлүк океандын жана таза суунун булганышы: Океандарга пластик, мунай заттары жана өндүрүш калдыктарынын төгүлүшү.
- Биоартүрдүүлүктүн азайышы: Өсүмдүктөр менен жаныбарлардын көптөгөн түрлөрүнүн жоголушу жана экосистемалардын бузулушу.
- Топурактын деградациясы жана чөлдөшүү: Айыл чарба жерлеринин кунарсыз болушу, токойлордун азайышы.
- Атмосферанын булганышы: Өндүрүш, транспорт жана жылуулук электр станцияларынан чыккан зыяндуу газдар.

  Бул көйгөйлөр дүйнөлүк коомчулуктан биргелешкен аракеттерди, жашыл технологияларды колдонууну жана экологиялык жоопкерчиликти талап кылат.

Суунун булганышы.

Дүйнөнүн көп бөлүгү суудан турат. Бир бөлүгү, бул сууга адамдар үчүн көп жетиштүү таза суу болуп саналат. Бирок бир маселе бар; бул суу суусуз ичүүчү суу менен булганган, бул таза суунун структурасы, күндөн-күнгө өзгөрүп турат. Суунун булганышы бир себеп болушу мүмкүн адам калдыктары болуп саналат.

Түздөн-түз же кыйыр түрдө суунун булганышы, суунун булганышы, адам акыл тышкары кээ бир жагдайлар да болушу мүмкүн да, таасир адам болуп саналат.

Абанын кирдөөсү.

Суу булгануулар сыяктуу, адамдар менен абанын булганышы таасирлери өтө маанилүү болуп саналат. Табигый кошумча катары абанын булганышын себеп болгон окуялар да бар. Мисалы, бул иш-чарага токой өртү жана жанар тоо кыймылы (ошондой эле адамдарды алып келиши мүмкүн) берилиши мүмкүн.

Абасын булганышы менен шартталган адамдар, табигый жол менен пайда болгон абанын булганышы көбүрөөк үлгүлөрүн алат. Улуу моменти Абанын булганышын мөөнөтүн көбөйтүү баштаган менен, албетте, өнөр менен башталган мезгил болуп саналат. Энергия типтеги газынан жана химиялык заттар, олуттуу абаны булгайт.

Комбинатынын Мындан тышкары, транспорт каражаттары, аба булганып себеп дагы бир негизги себеби болуп саналат. Мындай аспаптар өмүр үчүн берген абдан зыяндуу газдар.

Климаттын өзгөрүшү.

Климаттын өзгөрүшү жакында эле пайда болгон экологиялык көйгөй болуп саналат. Бул климаттын өзгөрүүсүнүн маанайда үчүн жооптуу болуп саналат. Атмосфера, аны адамдар болуп саналат. натыйжада газдар чөйрөдө топтолбойт жасалма абалда, дүйнө жылуу жерге келгенде, деп көрсөтөт. Бул температурада натыйжасында мөңгүлөрдү эритип, бул көп климаттык балансынын начарлашына алып келет. Температура дайыма эле дүйнөнүн айрым региондорундагы алып эле климаттын жашаган адамдар, убакыт такыр башка чөйрөдө туш болуп кетүү коркунучунда турат. Бул алдын ала айтуу кыйын болуп калат, жаман натыйжаларга алып келет.

Токой аянттардын кыскарышы.

Дүйнөдөгү токойлор, башкача айтканда, өсүмдүктөр жашаган негизги кычкылтек булагы. маанилүү экологиялык көйгөйдүн бири башынан кыюу болуп саналат. токойдун токой өрттөрү менен даректардын жыюу себеп болот. Токой өрттөрү табигый от болушу мүмкүн, бирок бул элдин көп бөлүгү тарабынан алынып салынды.

Кагаз даректардын көп аймактарында колдонулган, даректардын жана токой аянттарын таасир этпейт. Бул жагдай келет, колдонулган материалдардын кайра иштетүү жолу менен калыбына келтирүүгө, кесүү дарагын азайтуу негизги ролду ойнойт. токойлуу жерлер көп эле аз планетасын талкалай жана кайра иштетүүгө болот жашоого көбүрөөк кычкылтек пайда алып келет.

Изилдөөнүн максаты: Бул изилдөөнүн максаты — учурдагы глобалдык жана аймактык экологиялык көйгөйлөрдүн (аба, суу жана топурактын булганышы, климаттын өзгөрүшү, токойлордун азайышы жана биоартүрдүүлүктүн жоголушу) айыл чарбага жана адамдын ден соолугуна тийгизген терс таасирин талдоо.

Ошондой эле изилдөө экологиялык тең салмактуулукту сактоого багытталган пестицидсиз айыл чарба ыкмаларын өнүктүрүү зарылдыгын негиздөөгө жана зыянкечтерге каршы альтернативдүү, коопсуз технологияларды колдонуу мүмкүнчүлүктөрүн баалоого багытталган. Мындан тышкары, табигый ресурстарды сарамжалдуу пайдалануу, айлана-чөйрөнү коргоо жана туруктуу өнүгүүнү камсыз кылуу боюнча практикалык жана илимий сунуштарды иштеп чыгуу да максат болуп саналат.

Изилдөөнүн материалдары жана ыкмалары: Бул изилдөөдө материал катары дүйнөлүк жана регионду экологиялык көйгөйлөр боюнча илимий булактар, статистикалык маалыматтар, ошондой эле айыл чарбадагы пестициддердин колдонулушу жана алардын таасири тууралуу маалыматтар пайдаланылды. Мындан тышкары, өсүмдүктөр, топурак, суу жана аба чөйрөсүнүн абалына байланышкан экологиялык байкоолор жана мурда жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн жыйынтыктары эске алынды. Изилдөөнүн ыкмаларына теориялык талдоо, салыштыруу жана жалпылоо ыкмалары кирет. Глобалдык экологиялык көйгөйлөрдүн себеп-натыйжа байланыштары талданып, алардын айыл чарба жана адам ден соолугуна тийгизген таасири изилденди. Ошондой эле пестициддерди колдонбогон альтернативдүү ыкмаларды пайдалануу мүмкүнчүлүктөрү илимий маалыматтарга таянып бааланды. Мындан тышкары, системалуу талдоо ыкмасы колдонулуп, экологиялык коопсуздук, туруктуу өнүгүү жана айыл чарба өндүрүшүнүн натыйжалуулугу ортосундагы байланыштар каралды.

Изилдөөлөрдүн негизги жыйынтыктары.

Изилдөөнүн жыйынтыгында азыркы учурда глобалдык экологиялык көйгөйлөрдүн күчөшү, айрыкча абанын, суунун жана топурактын булганышы адамдын ден соолугуна жана табигый экосистемаларга олуттуу терс таасир тийгизип жатканы аныкталды. Климаттын өзгөрүшү, токойлордун кыскарышы жана биоартүрдүүлүктүн азайышы айыл чарба өндүрүшүнүн туруктуулугуна түздөн-түз коркунуч жаратууда. Ошондой эле пестициддерди ашыкча колдонуу экологиялык тең салмактуулукту бузуп, пайдалуу курт-кумурскалардын азайышына жана топурактын сапатынын начарлашына алып келери белгиленди. Бул абал азык-түлүктүн коопсуздугуна да терс таасир этет. Анализдин негизинде пестицидсиз альтернативдүү ыкмаларды колдонуу, анын ичинде механикалык жана технологиялык чечимдерди өнүктүрүү экологиялык жана экономикалык жактан натыйжалуу экени аныкталды. Бул ыкмалар химиялык заттардын колдонулушун азайтып, айлана-чөйрөнү коргоого жана туруктуу айыл чарбасын өнүктүрүүгө шарт түзөт.

Корутунду. Бул изилдөөдө азыркы глобалдык экологиялык көйгөйлөрдүн олуттуу мүнөзгө ээ экени жана алардын адамзаттын ден соолугуна, айыл чарба өндүрүшүнө жана табигый экосистемаларга түздөн-түз терс таасир тийгизип жатканы аныкталды. Абанын, суунун жана топурактын булганышы, климаттын өзгөрүшү жана биоартүрдүүлүктүн азайышы негизги коркунучтар катары бааланды.

Ошол эле учурда, пестициддерди ашыкча колдонуу экологиялык тең салмактуулукту бузуп, узак мөөнөттүү келечекте олуттуу зыян алып келери белгиленди. Бул көйгөйдү чечүү үчүн пестицидсиз айыл чарба технологияларын өнүктүрүү зарылдыгы негизделди.

Жыйынтыгында, механикалык жана экологиялык коопсуз ыкмаларды колдонуу айлана-чөйрөнү коргоого, адам ден соолугун сактоого жана туруктуу айыл чарбасын өнүктүрүүгө өбөлгө түзөрү аныкталды.

Адабияттар тизмеси

1. “Кыргызстан” улуттук энциклопедиясы: 2-том.
2. Алешин Ю.Г. Радиационная экология Майлуу-Суу. [Текст] / Торгоев И.А.//- Бишкек: «Илим», 2010 — 96 с.
3. Торгоев И.А. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. [Текст] / Алёшин Ю.Г./ — Бишкек: Илим, 2009 — 239 с.
4. Нурок Г.А. Технология и проектирование гидромеханизации горных работ. [Текст] — М.: Недра, 2000 г.
5. Евдокимов П.Д. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик [Текст] /Сазонов Г.Т. М.: Недра, 2000
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06 СП 2.6.1.001-06): зарег. 16.01.2007 г. – Душанбе: Минюст Республики Таджикистан, 2007. – 172 с.
7. Корнилов А.Н. Гигиеническая оценка и некоторые закономерности формирования радиоактивного загрязнения внешней среды при добыче и переработке урановых руд. Москва. 2006. 308 с.

УДК 621.039(575.2) (04)

А.Н. Бакасов, А. Ж. Баялиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.N. Bakasov, A. Zh. Baialiev
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
bakasov.a@internet.ru

РАСЧЕТ И ВЫБОР ГИДРОТУРБИНЫ ДЛЯ МАЛОЙ ГЭС В УСЛОВИЯХ СЕЗОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА

СЕЗОНДУК АГЫМДЫН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ ШАРТЫНДА ЧАКАН ГИДРОЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫ ҮЧҮН ГИДРОТУРБИНАНЫ ДОЛБООРЛОО ЖАНА ТАНДОО

DESIGN AND SELECTION OF A HYDROTURBINE FOR A SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT UNDER CONDITIONS OF SEASONAL FLOW VARIATIONS

Бул макалада сезондук агымдын өзгөрмөлүүлүгүнө жараша чакан гидроэлектростанция (ЧГЭС) үчүн инженердик эсептөө жана турбинаны тандоо сунушталат. Гидравликалык параметрлер, иштөө режимдери жана басымдын жоготуулары каралат жана Френсис турбинасын тандоо негиздүү. Көп блоктуу конструкция өзгөрүлмө суу агымынын ылдамдыгы менен станциянын туруктуу иштешин камсыз кылаары көрсөтүлөт [1, 2].

Бул макалада орточо басым шарттарында жана сезондук агымдын олуттуу өзгөрмөлүүлүгүндө иштеген чакан гидроэлектростанция болгон Жогорку Аламүдүн ЧГЭС үчүн, ЧГЭС турбиналарын тандоонун негиздемеси келтирилген. Заводдун гидравликалык параметрлерин, анын ичинде 31 м таза басымын жана 1,7ден 10 м³/с чейинки суу агымынын ылдамдыгын талдоонун негизинде ЧГЭС турбиналарынын негизги түрлөрү салыштырылган. Эң рационалдуу чечим - бул жогорку натыйжалуулукту, жарым-жартылай жүктөмдөрдө туруктуу иштөөнү жана иштөө ишенимдүүлүгүн камсыз кылган Фрэнсис тибиндеги радиалдык-октук реакция турбиналарын колдонуу экени көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: *чакан гидроэлектростанция, айланма гидроэлектростанция, суу алуучу дамба, басым түтүгү, гидравликалык турбинанын пайдубалы, таштуу пайдубал, сезондук агын суунун өзгөрмөлүүлүгү.*

В работе выполнен инженерный расчёт и выбор гидротурбины для малой гидроэлектростанции в условиях сезонной изменчивости стока. Рассмотрены гидравлические параметры, режимы работы, потери напора и обоснован выбор турбины Френсиса. Показано, что многоагрегатная схема обеспечивает устойчивую работу станции при переменных расходах воды [1,2].

В статье приведено обоснование выбора гидротурбин для малой гидроэлектростанции «Верхний Аламединский МГЭС», работающей в условиях средних напоров и значительной сезонной изменчивости стока. На основе анализа гидравлических параметров станции, включая полезный напор 31 м и расход воды от 1,7 до 10 м³/с, выполнено сравнение основных типов гидротурбин. Показано, что наиболее рациональным решением является применение радиально-осевых реактивных турбин типа Френсиса, обеспечивающих высокий коэффициент полезного действия, устойчивую работу при частичных нагрузках и надёжность эксплуатации.

***Ключевые слова**: малая ГЭС, деривационная гидроэлектростанция, водозаборная плотина, напорный трубопровод, фундамент гидротурбин, скальное основание, сезонная изменчивость стока.*

This paper presents an engineering calculation and turbine selection for a small hydroelectric power plant (SHPP) subject to seasonal flow variability. Hydraulic parameters, operating modes, and head losses are examined, and the choice of a Francis turbine is justified. It is demonstrated that a multi-unit design ensures stable operation of the plant with variable water flow rates [1, 2].

This paper presents a rationale for the selection of SHPP turbines for the Upper Alamudun SHPP, a small hydroelectric power plant operating under moderate head conditions and significant seasonal flow variability. Based on an analysis of the plant's hydraulic parameters, including a net head of 31 m and a water flow rate of 1.7 to 10 m³/s, a comparison of the main types of SHPP turbines is performed. It is shown that the most rational solution is the use of Francis-type radial-axial reaction turbines, which provide high efficiency, stable operation at partial loads, and operational reliability.

***Key words:** small hydroelectric power station, diversion hydroelectric power station, water intake dam, pressure pipeline, hydraulic turbine foundation, rocky foundation, seasonal runoff variability.*

Введение. Малая гидроэнергетика является одним из ключевых направлений развития энергетики в горных регионах. Реки Кыргызстана характеризуются высокой сезонной изменчивостью стока, обусловленной таянием снегов и ледниковым питанием.

Основной проблемой проектирования малых ГЭС является обеспечение эффективной работы при значительных колебаниях расхода воды в течение года, что требует применения адаптивных схем и правильно подобранных гидротурбин [1,2].

Выбор гидротурбины является одним из ключевых этапов проектирования гидроэлектростанции, определяющим её энергетическую эффективность и эксплуатационную надёжность. Неправильный выбор типа турбины приводит к существенным потерям энергии, снижению коэффициента использования установленной мощности и увеличению затрат на эксплуатацию [1,2].

Допустим, Проект «Верхний Аламединский МГЭС» характеризуется сочетанием среднего напора и значительной сезонной изменчивости расхода воды. В таких условиях выбор турбины должен учитывать не только номинальные параметры, но и способность агрегата эффективно работать в широком диапазоне режимов.

Цель исследования. Целью данной статьи является обоснование выбора гидротурбин для рассматриваемой станции на основе анализа гидравлических характеристик и эксплуатационных особенностей различных типов турбин.

Материалы и методы исследования. Сравнительная таблица для трех основных типов гидротурбин. Каждая из них создана под свои условия: **Каплан** — для равнин, **Френсис** — для средних условий, **Пельтон** — для высоких гор.

Таблица 1 - Сравнительная таблица для трех основных типов гидротурбин

№	Характеристика	Турбина Каплана ((поворотно-лопастевая)	Турбина Френсиса (Радиально-осевая)	Турбина Пельтона (ковшовая)
1	Тип турбины	Реактивная(осевая)	Реактивная (радиально-осевая)	Активная (струйная)
2	Напор воды	Низкий (2-60м)	Средний (40-600м)	Высокий (300-1500м)
3	Расход воды	Очень большой	От малого до большого	Малый (нужна тонкая струя)
4	Принцип работы	Вода давит на лопасти «пропеллера»	Вода давит на лопасти, закручиваясь к центру	Струя воды под давлением бьет в «ковши»
5	Регулировка КПД	Идеальная, лопасти поворачиваются под поток	Хорошая, регулируется только входными заслонками	Отличная, регулируется иглой в сопле (форсунка)
6	Сложность	Очень высокая (сложный механизм поворота)	Средняя (надежная классика)	Низкая (самая простая конструкция)
7	Место установки	Равнинные реки, водохранилища	Крупные плотины, ГЭС среднего типа	Высокогорные ГЭС, малые горные реки
8	Цена	**$800 – $1 300** за кВт.	**$400 – $700** за кВт.	**$300 – $500** за кВт.

Результаты исследования и их обсуждение. Проектируемая малая гидроэлектростанция имеет следующие основные характеристики: полезный напор составляет 31 м, расход воды изменяется от 1,7 м³/с в зимний период и 10 м³/с в летний сезон. Принята одноагрегатная схема, при которой расход на агрегат составляет 0,8 м³/с.

Мощность гидроагрегата определяется по формуле:

$$P = \rho g Q H \eta \quad (1)$$

При значениях Q = 0,8 м3/с.; H = 31м.; η = 0,91 мощность составляет 220 кВт.

Данные параметры позволяют отнести станцию к категории средненапорных установок с умеренным расходом воды.

При выборе турбины рассмотрены основные типы гидротурбин: осевые (Kaplan), радиально-осевые (Френсиса) и импульсные (Pelton), а также поперечно-поточные турбины (Crossflow).

Осевые турбины Kaplan широко применяются при малых напорах, как правило, до 25–30 м. При увеличении напора их эффективность снижается, а конструкция усложняется. В рассматриваемом случае напор превышает указанный диапазон, что делает применение турбин Kaplan менее рациональным.

Импульсные турбины Pelton предназначены для высоконапорных установок с напорами, как правило, выше 80 м. При напоре порядка 37 м их использование сопровождается снижением эффективности и увеличением габаритов оборудования, что делает их применение нецелесообразным.

Поперечно-поточные турбины Crossflow отличаются простотой конструкции и устойчивостью к изменению расхода, однако их коэффициент полезного действия, как правило, ниже, чем у реактивных турбин. Для установок мощностью более 1 МВт это приводит к заметным энергетическим потерям.

Наиболее соответствующими условиям проекта являются радиально-осевые турбины типа Френсиса, которые предназначены для работы при средних напорах и обеспечивают высокий коэффициент полезного действия.

Обоснование выбора турбины Френсиса. Радиально-осевые турбины типа Френсиса представляют собой универсальное решение для гидроэлектростанций со средними напорами и расходами. Их конструкция обеспечивает преобразование энергии потока за счёт сочетания радиального и осевого движения воды, что позволяет достигать высокого уровня эффективности.

При напоре 31 м и расходе 0,8 м³/с на агрегат турбины Френсиса работают в оптимальном диапазоне. Это обеспечивает высокий коэффициент полезного действия, достигающий 91%, и стабильную работу в различных режимах.

Одним из ключевых преимуществ турбин Френсиса является наличие регулируемого направляющего аппарата, позволяющего изменять расход воды через турбину. Благодаря этому агрегат способен эффективно работать не только при номинальном расходе, но и при его снижении. В условиях рассматриваемой станции, где расход воды зимой уменьшается до 1,7 м³/с, данное свойство имеет решающее значение.

В отличие от осевых турбин, требующих сложного механизма поворота лопастей, турбины Френсиса имеют более простую и надёжную конструкцию. Это снижает затраты на обслуживание и повышает общую эксплуатационную надёжность оборудования.

С экономической точки зрения применение турбин Френсиса также является обоснованным. Их использование позволяет снизить капитальные затраты по сравнению с более сложными типами турбин и одновременно обеспечить высокую выработку электроэнергии за счёт высокого КПД. Макрогенераторы Фрэнсис-турбины для малых гидростанций (см.рис.1).

Рисунок 1 - 220 кВт индивидуальные макрогенераторы Фрэнсис-турбины для малых гидростанций

Мощность: 220 кВт
Расход: 0,80 м³/с
Напор воды: 40м
Частота: 50 Гц
Сертификат: ISO9001/CE/TUV/SGS
Напряжение: 400 В
Эффективность: 91%
Тип генератора: SFW220
Генератор: Бесщеточный с возбуждением
Клапан: Дроссельный клапан
Материал направляющей: нержавеющая сталь

Материал улитки: углеродистая сталь [3].
Конструктивные узлы Фрэнсиса даны на рис.2.
Расчет гидротурбины Фрэнсиса при H=31м и Q = 0,80 м³/с
Исходные данные.
Напор: H=31 м
Расход: Q = 0.80 м3/с

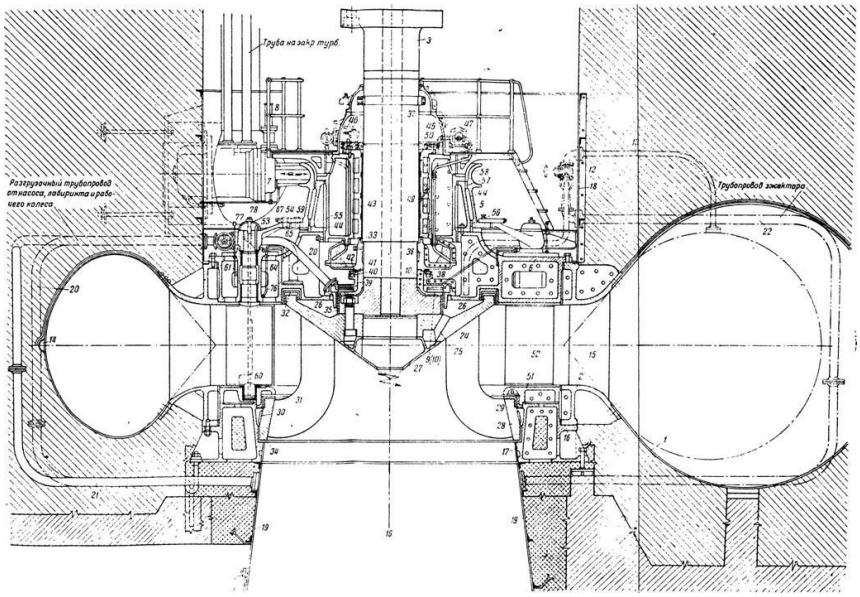


Рисунок 2 - Конструктивные узлы Фрэнсиса

КПД турбины и генератора (примем): η = 0,91
Плотность воды: ρ =1000 кг/м3
Ускорение свободного падения: g = 9.81 м /с^2
Расчёт мощности гидроэнергетической установки: P = ρ g Q H η [5].
Подстановка значений
P = 1000·9.81·0.80·31·0.88

Расчёт: поэтапно:
9.81·0.80=7.848
7.848·31=243.288
243.288·0.88=214.09
Итоговая мощность
P ≈ 220 кВт

Параметры гидротурбин: H=31 м.; Q=0.80 м^3

Работы турбины Фрэнсиса:

средний напор (20–200 м)
средний расход
высокий КПД (до 88–92%)

Таблица 2 – Исходные данные параметров

№	Параметр	Значение	Оценка
1	Напор	31 м	оптимально
2	Расход	0.8 м³/с	малый–средний
3	Тип турбины	Фрэнсиса	подходит
4	Мощность	220 кВт	малые ГЭС

Выводы.

1. При исходных параметрах H, Q гидроэнергетический потенциал потока является достаточным для строительства малой гидроэлектростанции мощностью порядка 220 кВт.

2. Расчёт выполнен по базовому уравнению мощности гидроустановки: $P = \rho g Q H \eta$ с учётом принятого КПД

3. $\eta = 0.91$ что соответствует реальным условиям работы малых ГЭС.

4. Полученная мощность относится к категории малых гидроэнергетических установок, что делает проект технически реализуемым для локального энергоснабжения (сельские районы, малые населённые пункты, горные территории).

5. По гидравлическим параметрам (напор 31 м и расход 0.8 м³/с) наиболее рациональным выбором является турбина Фрэнсиса.

6. Выбранная компоновка «турбина Фрэнсиса + генератор 200–250 кВт» является технически обоснованной и энергетически эффективной для заданных условий.

7. Результаты расчёта подтверждают, что рассматриваемый водоток при заданных параметрах может быть использован для устойчивой выработки электроэнергии при правильном выборе гидромеханического оборудования.

Список литературы

1. Кудряшов, В. В. Гидравлические машины и гидротурбины: Энергоатомиздат / В.В. Кудряшев. — Москва: 2018. — 320 с.
2. Иванов, А. В. Малая гидроэнергетика: Энергия / А. В. Иванов. — Москва: 2019. — 256 с.
3. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. — М., 2019.
4. СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. — М., 1987
5. Ковалев, Н.Н. Гидротурбина: Машиностроение / Н.Н. Ковалев. —Ленинград: 1971. — 87 с

УДК 621.315(575.2)

Т. Т. Жусупов, Г.О. Аскалиева

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T.T. Jusupov, G.O. Askalieva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

tzhusupov@kstu.ru, gaskalieva@kstu.kg

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ) НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ

МААЛЫМАТТАРДЫ ТАЛДОО АЛГОРИТМДЕРИН КОМПЬЮТЕРДИК МОДЕЛДӨӨНҮН НЕГИЗИНДЕ ЭЛЕКТР ТАРМАКТАРЫНДАГЫ (ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫК КОМПЛЕКСТЕРДЕГИ) АВАРИЯЛЫК РЕЖИМДЕРДИ ТААНУУ ЫКМАСЫ

HE METHOD OF RECOGNITION OF EMERGENCY MODES OF ELECTRICAL NETWORKS (ELECTRICAL COMPLEXES) BASED ON COMPUTER MODELING ALGORITHMS AND DATA ANALYSIS

Заманбап электр системаларынын (ЭТС) ишенимдүүлүгүн камсыз кылуу катуу босоголук коргоо алгоритмдеринен адаптивдик системаларга өтүүнү талап кылат. Макалада маалымат топтомун түзүү үчүн санариптик эгиздерди түзүүнү жана аномалдуу тармак шарттарын аныктоо үчүн машина үйрөнүү алгоритмдерин колдонууну айкалыштырган татаал ыкма талкууланат.

Түйүндүү сөздөр: *авариялык режимдер, компьютердик моделдөө, маалыматтарды талдоо, машинаны үйрөнүү, электр системалары, санариптик көмөкчордон.*

Обеспечение надежности современных электротехнических комплексов (ЭТК) требует перехода от жестких пороговых алгоритмов защиты к адаптивным системам. В статье рассматривается комплексный метод, сочетающий создание цифровых двойников для генерации массивов данных и применение алгоритмов машинного обучения для идентификации аномальных состояний сети.

Ключевые слова: *аварийные режимы, компьютерное моделирование, анализ данных, машинное обучение, электротехнические комплексы, цифровая подстанция.*

Ensuring the reliability of modern electrotechnical complexes (ETC) requires a transition from rigid threshold protection algorithms to adaptive systems. The article considers a complex method that combines the creation of digital twins for the generation of arrays of data and the use of machine learning algorithms for the identification of network of anomalous states.

Key words: *emergency modes, computer modeling, data analysis, machine learning, electrotechnical complexes, digital substation.*

Введение. Современные электроэнергетические системы представляют собой технически сложные комплексы, состоящие из большого количества взаимосвязанных элементов. При этом, как производители, так и потребители электрической энергии предъявляют все более жесткие требования к надежности электроснабжения. В процессе интеллектуализации электроэнергетики важнейшую роль играет совершенствование релейной защиты [1], цель которой состоит в быстром выявлении аварийных режимов и селективном отключении поврежденных элементов и участков электрической сети. Современные терминалы помимо функций защиты, выполняют функции управления, регистрации, осциллографирования и др., участвуя в обмене данными с другими устройствами, находящимися на подстанции и за ее пределами.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является средство распознавания аварийных режимов электротехнических комплексов за счет применения машинного обучения и алгоритмов анализа данных.

Для реализации метода распознавания аварийных режимов на основе компьютерного моделирования и алгоритмов анализа данных необходимо выполнить следующие **задачи**:

1. исследование известных методов распознавания аварийных режимов в задачах релейной защиты, автоматики и управления электрическими сетями;
2. обоснование и выбор программной среды и создание методики проведения множественных модельных экспериментов для имитации нормальных и аварийных режимов (короткие замыкания, обрывы, перегрузки).

Проблема классических методов защиты. Традиционные устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) работают на принципах сравнения измеренной величины (тока, напряжения) с фиксированной установкой. Однако современные сети характеризуются:

- нелинейными нагрузками (преобразовательная техника).
- двусторонним питанием (распределенная генерация).
- сложными переходными процессами, которые визуально схожи с короткими замыканиями (КЗ).

Внедрять и совершенствовать мероприятия по повышению эффективности функционирования энергосистем. Это касается работы как существующих энергосистем, так

и перспективных, в которых могут устанавливаться современные активные элементы. Отдельное внимание уделяется математическому (имитационному) моделированию нормальных и аварийных режимов работы при проектировании, строительстве и реконструкции электрических сетей, а также при верификации инженерных расчетов и выборе параметров срабатывания устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) [2–5]. Кроме того, большой интерес проявляется к технологиям анализа больших данных и искусственного интеллекта для повышения технического совершенства устройств учета электрической энергии [3], автоматики и защиты электрических сетей [4].

Искусственный интеллект уже находит свое применение во многих технических приложениях, включая электроэнергетические комплексы и системы. На рисунке 1 представлены примеры применения методов искусственного интеллекта и машинного обучения в задачах защиты, автоматики и управления ЭЭС. Задача распознавания аварийных режимов в наибольшей степени соответствует такому направлению машинного обучения, как классификация, которая предполагает отнесение объекта к одному из нескольких классов на основании вектора признаков.

Такой подход к построению релейной защиты становится доступным, поскольку вычислительных мощностей современных процессоров вполне достаточно для обработки необходимого объема статистических данных о параметрах возможных нормальных и аварийных режимах работы участков электрической сети за время, не превышающее нескольких часов.

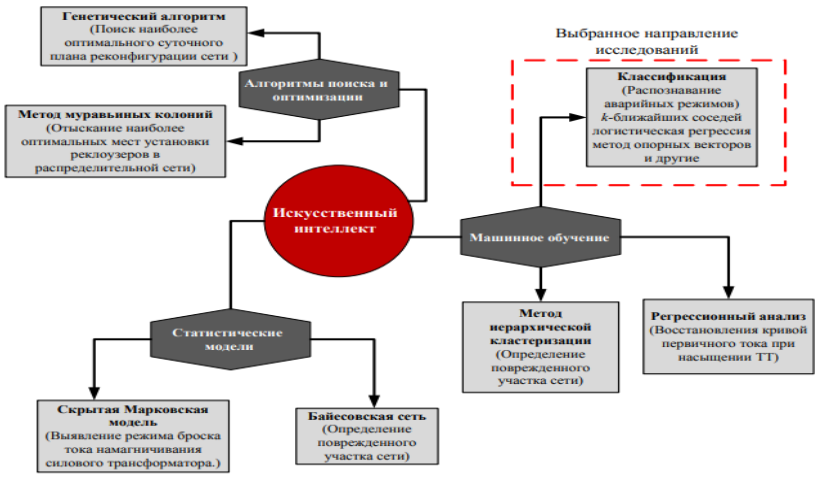


Рисунок 1– Методы искусственного интеллекта и примеры их применения в задачах электроэнергетики

Задача распознавания аварийных режимов в наибольшей степени соответствует такому направлению машинного обучения, как классификация, которая предполагает отнесение объекта к одному из нескольких классов на основании вектора признаков. Во второй главе разрабатывается методика проведения серий множественных модельных экспериментов с целью набора статистических данных для реализации обучения на моделях ЭТК. Кроме того, анализируется возможность применения результатов имитационного моделирования для параметризованных традиционных видов РЗА и предлагается ряд критериев оценки эффективности алгоритмов распознавания режимов электротехнических комплексов, основанных на статистической обработке результатов модельных экспериментов. Специальное программное обеспечение позволяет формировать трехфазные имитационные модели таких объектов, как линия электропередач, силовые трансформаторы (с учетом группы соединения обмоток), генераторы, обобщенная нагрузка и высоковольтные асинхронные двигатели (. С его помощью могут быть смоделированы рабочие режим, режимы само запуска нагрузки, а также, все виды коротких замыканий на ЛЭП и в трансформаторах через переходное сопротивление произвольной величины. При моделировании режимов КЗ в сетях

с двигательной нагрузкой, генераторами и другими элементами, способными подпитывать точку КЗ, учитывается разность фаз между сверхпереходной ЭДС, подпитывающей место повреждения и питающей сетью. Для иллюстрации возможностей специального программного обеспечения, показанной на рисунке 2.

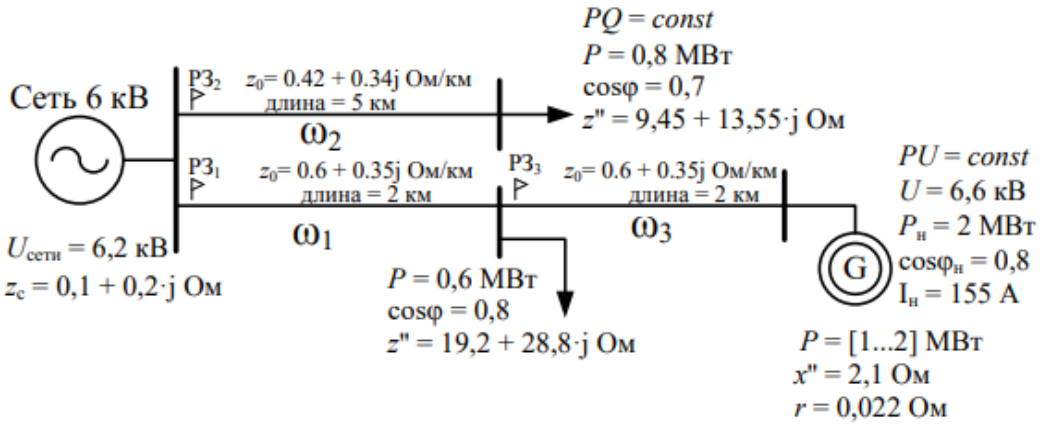
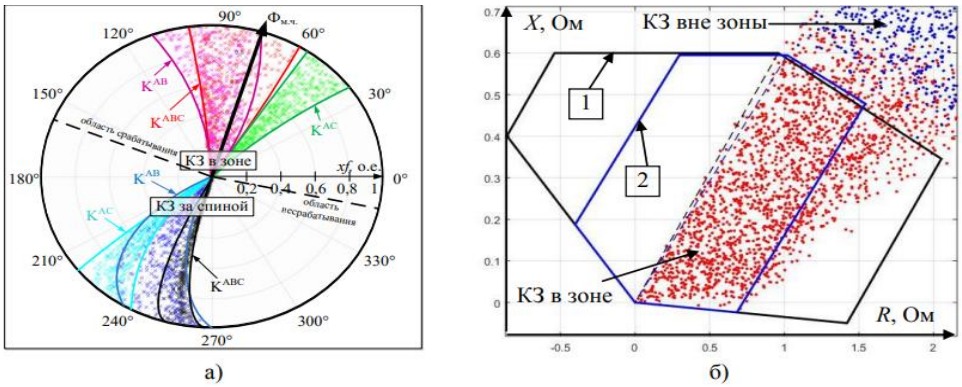


Рисунок 2 – Исследуемая система электроснабжения

Пример касается выбора установки по углу максимальной чувствительности реле направления мощности, использующегося в составе максимальной токовой защиты участка сети с распределенной генерацией. Рисунок 3 (а) показывает получившееся при моделировании распределение значений углов различных видов КЗ как в зоне защиты, так и за ее «спиной». Как можно видеть, анализ модельных данных, позволяет выбрать установку Фм.ч., обеспечивающую безошибочное разделение КЗ в зоне защиты и вне ее.

Во втором примере сопоставляется характеристика дистанционной защиты, полученная в результате аналитического расчета с характеристикой, полученной по результатам имитационного моделирования. Дистанционный орган, имеющий характеристику срабатывания, полученную по результатам модельных данных, оказался способным отключить 82,2% коротких замыканий на ω1, в то время как характеристика срабатывания, полученная аналитическим путем, позволила распознать лишь 65,2% коротких замыканий. Данные характеристики отражены на рисунке 3 (б) под номерами 1 и 2 соответственно.



а) б)

Рисунок 3 – Анализ результатов имитационного моделирования коротких замыканий для задачи выбор установки по углу максимальной чувствительности (а) и характеристики дистанционной защиты (б)

Заключение. Метод распознавания на основе компьютерного моделирования превращает систему защиты из реактивной в интеллектуальную. Интеграция алгоритмов анализа данных позволяет минимизировать риск ложных срабатываний и значительно сократить время локализации аварии.

Список литературы

1. Куликов, А.Л. Анализ применения метода опорных векторов в многомерной релейной защите / А.Л. Куликов, Д.И. Бездушный, М.В. Шарыгин, В.Ю. Осокин. // Известия РАН. Энергетика. — 2020.— № 2.— С.123-132.
2. Шарыгин М.В., Куликов А.Л. Статистические методы распознавания режимов в релейной защите и автоматике сетей электроснабжения. – Электрические станции, 2018, № 2 (1039), с. 32–39.
3. Лоскутов А.А., Митрович М., Осокин В.Ю. Повышение распознаваемости режимов функционирования системы электроснабжения на основе методов машинного обучения. – Релейная защита и автоматизация, 2020, № 4 (41), с. 26–34.
4. Лоскутов А.А., Пелевин П.С., Митрович М. Разработка логической части интеллектуальной многопараметрической релейной защиты. – Электричество, 2020, № 5. с. 12–18.
5. Куликов А.Л., Лоскутов А.А., Совина А.Н. Использование машинного обучения и искусственных нейронных сетей для распознавания витковых замыканий в силовых трансформаторах. – Электричество, 2022, № 10, с. 34–44.

УДК 621.314.2:519.876

Е. А. Куряшев, Г.О. Аскалиева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.A. Kuryashev, G.O. Askalieva
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
happyjohn02@gmail.com, gaskalieva@kstu.kg

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

ҮЧ ФАЗАЛУУ ТРАНСФОРМАТОРДУН ДИНАМИКАЛЫК МОДЕЛИН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА ТАЛДОО

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE DYNAMIC MODEL OF A THREE-PHASE TRANSFORMER

Бул макалада үч фазалуу трансформатордун динамикалык моделин түзүү жана изилдөө принциптери талкууланат. Орамалардын ортосундагы өз ара индукцияны жана магниттик чынжыр параметрлеринин таасирин эске алуу менен туруктуу жана өткөөл иштөө режимдеринде болуп жаткан электромагниттик процесстердин анализи жүргүзүлөт.

Түйүндүү сөздөр: *үч фазалуу трансформатор, динамикалык модель, электромагниттик процесстер, өткөөл режимдер, математикалык моделдөө, индукция, магниттик чынжыр, жүктүн асимметриясы.*

В статье рассматриваются принципы построения и исследования динамической модели трехфазного трансформатора. Проведен анализ электромагнитных процессов, протекающих в установившихся и переходных режимах работы, с учетом взаимной индукции между обмотками и влияния параметров магнитной цепи.

Ключевые слова: *трехфазный трансформатор, динамическая модель, электромагнитные процессы, переходные режимы, математическое моделирование, индукция, магнитопровод, несимметрия нагрузки.*

This article discusses the principles of constructing and studying a dynamic model of a three-phase transformer. An analysis of electromagnetic processes occurring in steady-state and transient operating modes is conducted, taking into account mutual induction between windings and the influence of magnetic circuit parameters.

Key words: three-phase transformer, dynamic model, electromagnetic processes, transient modes, mathematical modeling, induction, magnetic circuit, load asymmetry.

Введение. В современных условиях развития электроэнергетики особую значимость приобретает повышение надежности и эффективности работы электрических систем. Одним из ключевых элементов таких систем является трехфазный трансформатор, обеспечивающий передачу и распределение электрической энергии на различных уровнях напряжения. При этом с усложнением режимов работы энергосистем, увеличением доли нелинейных и несимметричных нагрузок, а также необходимостью анализа переходных процессов возрастает потребность в более точных методах исследования, основанных на динамическом моделировании.

Цель и задачи исследования. Цель данной работы — исследовать и проанализировать динамическую модель трехфазного трансформатора с учетом основных электромагнитных процессов и режимов работы.

Задачи исследования включают:

- изучение теоретических основ работы трехфазного трансформатора;
- разработку математической модели, описывающей его динамические характеристики;
- анализ переходных и установившихся режимов работы;
- оценку влияния параметров трансформатора на его поведение в различных условиях эксплуатации.

Теоретические основы работы трехфазного трансформатора. В настоящее время расчет технико-экономических показателей и характеристик трехфазных силовых трансформаторов, анализ различных режимов их работы, исследование их функционирования в составе различных систем электроснабжения целесообразно осуществлять с помощью компьютерного моделирования, используя специализированные программные продукты.

В данной работе идет построение модели трансформатора на основе математических данных, полученных при расчете и сравнении моделей трансформаторов. Модели же построены на основе учебного пособия Л. П. Костюченко [1] в котором предлагается построение модели трансформаторов на Simulink с помощью блока Tree-Phase Transformer.

Работа трехфазного трансформатора в значительной степени определяется его электрическими и магнитными параметрами, включая активные сопротивления обмоток, индуктивности рассеяния и характеристики магнитопровода. В реальных условиях эксплуатации важную роль играют нелинейные эффекты, связанные с насыщением магнитопровода, а также влияние несимметричных нагрузок, которые могут вызывать искажения токов и напряжений (рис. 1).

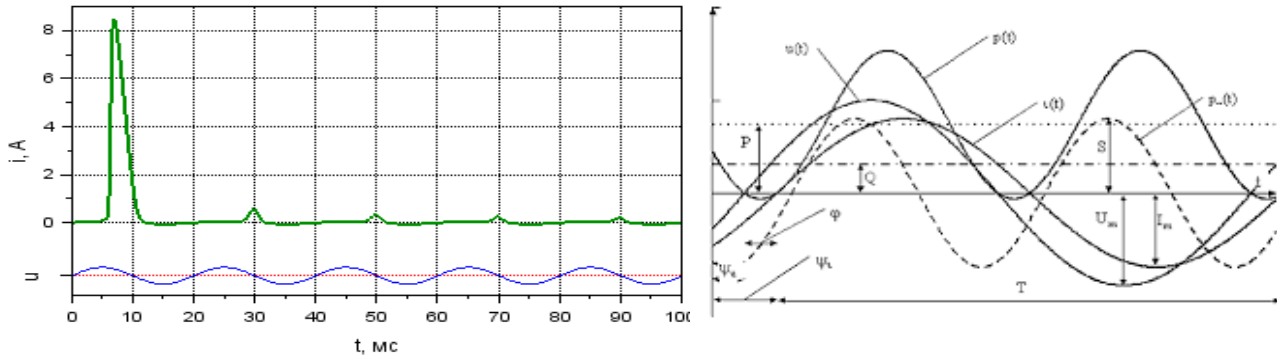


Рисунок 1- Режим короткого замыкания

Математическая и динамическая модель трехфазного трансформатора. Математическая модель трехфазного трансформатора строится на основе фундаментальных законов электротехники - в первую очередь законов Кирхгофа и закона электромагнитной индукции. Для каждой фазы записываются уравнения, связывающие напряжения, токи и магнитные потоки, при этом учитываются как активные сопротивления обмоток, так и индуктивные связи между ними. Важную роль играет взаимная индукция, поскольку все три фазы связаны общим магнитопроводом, и изменение тока в одной фазе влияет на остальные. В общем случае получается система дифференциальных уравнений, описывающая поведение трансформатора во времени.

$$u_k(t) = R_k i_k(t) + \frac{d\psi_k(t)}{dt}, \quad k \in \{a, b, c\}.$$

В модели обязательно учитываются основные параметры трансформатора:

- активные сопротивления обмоток;
- индуктивности рассеяния;
- индуктивность намагничивания;
- коэффициент трансформации.

Отдельно стоит отметить магнитную цепь. В простейших расчетах ее считают линейной, но в реальности это не совсем так. При больших токах возникает насыщение магнитопровода, из-за чего зависимость между магнитным потоком и током становится нелинейной. Это уже сильно влияет на поведение трансформатора, особенно в переходных режимах. Динамическая модель как раз и отличается тем, что учитывает все эти эффекты во времени.

Анализ режимов работы трехфазного трансформатора.

Работа трехфазного трансформатора может протекать в различных режимах, каждый из которых по-разному влияет на его электрические и магнитные параметры. В рамках динамической модели особый интерес представляют, как установившиеся, так и переходные процессы, поскольку именно они позволяют оценить реальное поведение устройства в энергосистеме. В установившемся режиме трансформатор работает при постоянной нагрузке, а все электрические величины изменяются по синусоидальному закону без резких скачков. В этом случае токи и напряжения находятся в равновесии, а влияние переходных процессов отсутствует. К основным переходным режимам можно отнести:

- холостой ход;
- нагрузочный режим;
- короткое замыкание.

При включении трансформатора наблюдается бросок намагничивающего тока, который зависит от момента включения по фазе напряжения и остаточного магнитного потока в сердечнике. В режиме короткого замыкания резко возрастают токи, что может привести к перегреву и повреждению оборудования, если защита не сработает вовремя (рис. 2).

Результаты моделирования. Расчеты проводились с учетом основных параметров трансформатора, включая сопротивления обмоток, индуктивности рассеяния и

характеристики магнитопровода (рисунок 2). В процессе моделирования анализировались как установившиеся режимы, так и переходные процессы. Одним из современных пакетов, реализующих численные методы, является MatLab – высокоуровневая среда программирования, содержащая множество функций и встроенных пакетов, к которым относится Simulink, имеющий большое количество встроенных блоков для расчета как линейных, так и нелинейных систем [2].

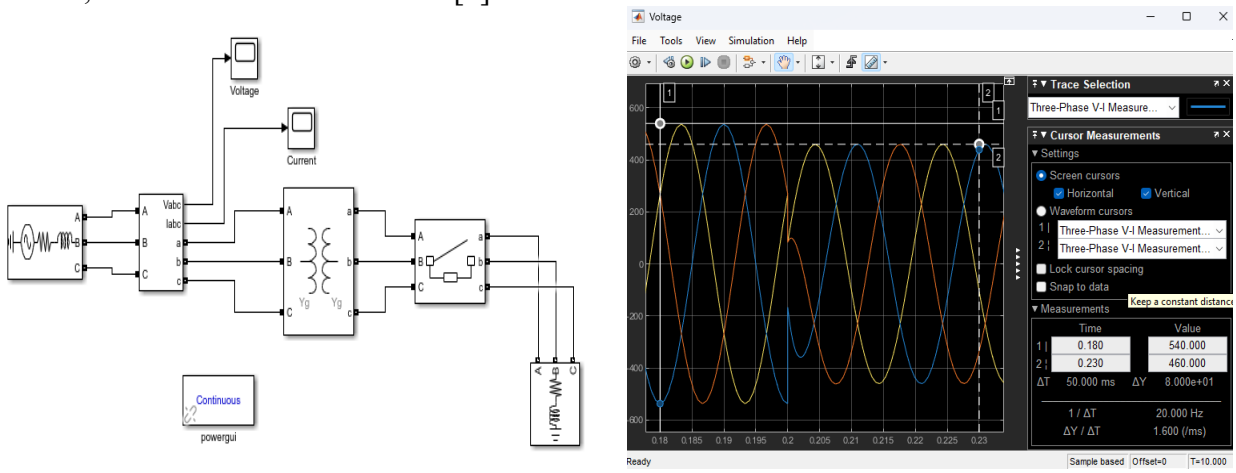


Рисунок 2 - Режим работы трансформатора при симметричной нагрузке

В модели с блоками SimPowerSystems можно использовать блоки из остальных библиотек Simulink [3]. Также MatLab/Simulink имеет удобный и понятный интерфейс, большое количество блоков, предназначенных для получения результатов измерений как в аналитическом, так и в графическом виде. В руководстве пользователя SimPowerSystems рассматриваются демонстрационные модели трансформаторов с уже вычисленными параметрами без ссылок на источники с методами и алгоритмами их определения [4], [5].

В установившемся режиме полученные результаты показали стабильную работу трансформатора при симметричной нагрузке: токи и напряжения по фазам имеют одинаковую амплитуду и сдвинуты на 120 градусов. При введении не симметрии наблюдается разбаланс фаз, что выражается в различии амплитуд токов и появлении дополнительных гармонических составляющих. Это подтверждает необходимость учета неидеальных условий эксплуатации при проектировании и анализе работы трансформаторов (рисунок 3).

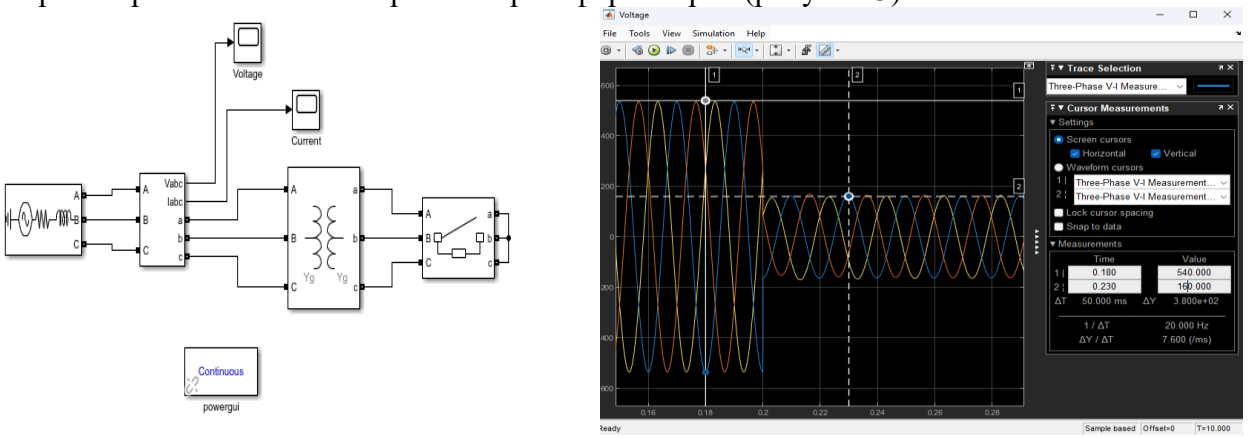


Рисунок 3 - Моделирование режима короткого замыкания

Заключение. Проведенный анализ показал, что использование динамической модели позволяет более точно описывать поведение трансформатора по сравнению с упрощенными статическими подходами. Это особенно важно при исследовании переходных режимов, таких как включение в сеть, короткие замыкания и работа при несимметричной нагрузке. Результаты моделирования подтвердили, что характер переходных процессов во многом определяется

параметрами трансформатора и начальными условиями. Было установлено, что учет насыщения магнитопровода и несимметрии нагрузки является необходимым для получения достоверных результатов.

Список литературы

1. Костюченко, Л.П. Имитационное моделирование систем сельского электроснабжения в программе MATLAB/ Л.П. Костюченко. -Краснояр. гос. Аграр. ун-т. - Красноярск, 2012. -215с.
2. Герман-Галкин С. Г. MatLab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: КОРОНА-Век, 2008.
3. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2007.
4. Saturable Transformer. URL: https://www. mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/saturabletransformer.html (дата обращения 13.03.2026).
5. Three Phase Transformer (Two Windings). URL: https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powers ys/ref/threephasetransformertwowindings.html (дата обращения 13.03.2026).

УДК 621.316.925

А. Мирлан кызы, А.Б. Бакасова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. Mirlan kyzy, A.B. Bakasova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
aiturgannur03@icloud.com, bakasovaaina@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ АДАПТАЦИИ РЗА К УСЛОВИЯМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК ТАРМАКТЫН ИШТӨӨ ШАРТТАРЫНА РЕЛЕЛИК КОРГОО ЖАНА АВТОМАТИКА (РКА)НЫ АДАПТАЦИЯЛОО МАСЕЛЕЛЕРИН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА ТАЛДОО

RESEARCH AND ANALYSIS OF PROBLEMS OF ADAPTATION OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION TO THE OPERATING CONDITIONS OF INTELLIGENT NETWORK

Бул макалада «Парковая — Водоканал» ЧуйЭТИнин 35 кВ кабелдик линиясынын мисалында релелик коргоо жана автоматиканын (РКА) интеллектуалдык электр тармагынын (Smart Grid) иштөө шарттарына адаптациялоосунун көйгөйлөрүн изилдөөсү жана эсептөөсү жүргүзүлгөн. Үч фазалуу жана эки фазалуу кыска туташуунун токтору эсептелип, максималдык ток (МТК) жана алыстык (АК) коргоолорунун уставкалары эки режим үчүн аныкталган: бөлүштүрүлгөн генерациясыз жана 1,5 МВт кубаттуулугундагы күн электр станциясын туташтырганда. Бөлүштүрүлгөн генерациянын МТКнын сезгичтигине тийгизген таасири көрсөтүлүп, уставкаларды адаптивдик кайра эсептөөнүн зарылдыгы негизделген.

Түйүндүү сөздөр: *релелик коргоо, автоматика, интеллектуалдык электр тармагы, Smart Grid, санариптик реле, адаптивдик коргоо, МЭК 61850, бөлүштүрүлгөн генерация.*

В статье проведено исследование адаптации релейной защиты и автоматики (РЗА) к условиям функционирования интеллектуальной электрической сети (SmartGrid) на примере кабельной линии 35 кВ «Парковая — Водоканал» ЧуПЭС. Проведен расчёт токов трёхфазного и двухфазного коротких замыканий, определены уставки максимальной токовой (МТЗ) и дистанционной (ДЗ) защит для двух режимов: без распределённой генерации и при подключении солнечной электростанции мощностью 1,5 МВт. Показано влияние распределённой генерации на чувствительность МТЗ и обоснована необходимость применения адаптивных алгоритмов пересчёта уставок.

Ключевые слова: *релейная защита, автоматика, Smart Grid, расчёт уставок, МТЗ, дистанционная защита, ток короткого замыкания, распределённая генерация.*

The article presents a study and calculation of the adaptation of relay protection and automation (RPA) to the operating conditions of an intelligent electric grid (Smart Grid) using the example of a 35 kV cable line of the distribution network of ChuPES. Three-phase and two-phase short-circuit currents are calculated, settings of maximum current (MCR) and distance (DR) protections are determined for two modes: without distributed generation and with a 1.5 MW solar power plant connected. The influence of distributed generation on MCR sensitivity is shown and the necessity of using adaptive setting recalculation algorithms is substantiated.

Key words: *relay protection, automation, Smart Grid, protection settings, overcurrent relay, distance protection, short-circuit current, distributed generation.*

Введение. В настоящее время ЧуПЭС сталкивается с насущной необходимостью реконструкции и автоматизированного управления действующей системой распределения электроэнергии (РЭС) ЧуПЭС. Данная ситуация обусловлена рядом существенных обстоятельств: значительным износом оборудования существующей инфраструктуры электроснабжения, неуклонным ростом потребления электрической энергии, трудностями при эксплуатации системы и необходимостью применения современных технологических решений, что в совокупности негативно влияет на надёжность и качество поставляемой электроэнергии [1, 2].

На практике управление коммутационными устройствами и изменение схемы РЭС по-прежнему осуществляется персоналом вручную, что при разветвлённой топологии сети неизбежно ведёт к эксплуатационным ошибкам и значительным затратам времени на локализацию мест повреждений. Системы защиты РЭС обеспечивают селективное отключение повреждённого присоединения в кратчайшее время, однако лишены возможности непрерывного мониторинга режима сети и не располагают функцией автоматической оптимизации коммутационных операций [1, 2].

Перечисленные обстоятельства делают задачу цифровой трансформации и модернизации РЭС ЧуПЭС с применением технологии Smart Grid исключительно актуальной. Интеллектуальные сети нового поколения (Smart Grid) представляют собой передовую парадигму управления электроэнергетическими объектами, объединяющую цифровые решения и принципы устойчивого развития энергетики. Реализация данной концепции обеспечивает существенное повышение степени автоматизации, а также рост эффективности и надёжности электроснабжения потребителей [3].

Одним из наиболее значимых технических вызовов при переходе к интеллектуальным электрическим сетям выступает проблема адаптации устройств релейной защиты и автоматики (РЗА). Классические комплексы РЗА проектировались в расчёте на централизованное производство электроэнергии при однонаправленном распределении мощности. Подключение источников распределённой генерации (РГ, англ. Distributed Generation) — фотоэлектрических установок, ветрогенераторов и систем накопления энергии

— коренным образом изменяет токораспределение при коротких замыканиях (КЗ) и конфигурацию электрической сети, вследствие чего традиционные уставки защит теряют свою корректность [2, 4].

Особенности интеллектуальных электрических сетей с точки зрения РЗА. Интеллектуальная электрическая сеть задействует современные цифровые инструменты для непрерывного контроля и регулирования передачи электрической энергии от производителей к конечным потребителям, формируя при этом актуальные данные о параметрах напряжения, тока и фазном составе в каждом узле трёхфазной системы [3].

На рис. 1 представлена расчётная однолинейная схема распределительной сети 35 кВ с точками короткого замыкания К1 и К2. Схема включает источник питания 110 кВ (250 МВА), трансформатор Т1 (ТДН-10000/110), кабельную линию длиной 3,5 км марки ААШв-3×120, а также инвертор с источником распределённой генерации (РГ), подключённый в точке К2. Расчётный ток трёхфазного КЗ в начале линии составляет 3982 А, тогда как при наличии РГ он снижается до 2692 А, что указывает на необходимость пересмотра уставок релейной защиты.

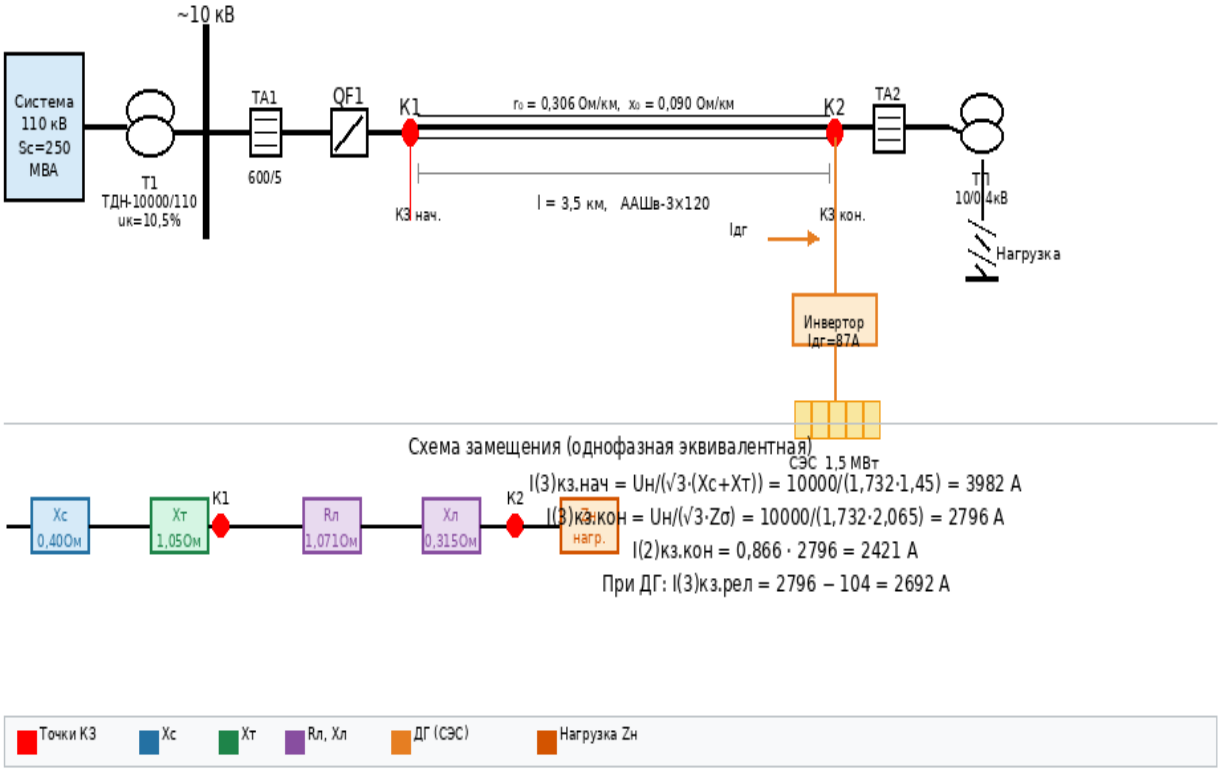


Рисунок 1 - Расчётная однолинейная схема распределительной сети 35 кВ с точками КЗ

Принципиальные отличия Smart Grid от классических распределительных сетей, определяющие особые требования к РЗА, состоят в следующем (рис. 1): наличие рассредоточенных источников генерации, обусловливающих реверсивное направление токов; непостоянная топология сети, изменяющаяся в зависимости от режима работы; вовлечённость потребителей в процессы управления нагрузкой; широкое применение инверторного и преобразовательного оборудования силовой электроники, трансформирующего характеристики токов повреждения; развитая телекоммуникационная инфраструктура, обеспечивающая мониторинг и диспетчерское управление в реальном масштабе времени.

Анализ проблем адаптации РЗА к условиям Smart Grid.Рассмотрим схему защиты кабельной линии 35 кВ с учётом интеграции источников РГ, представленную на рис. 2. По результатам анализа действующих систем РЗА выявлен ряд ключевых проблем, возникающих при их адаптации к условиям функционирования интеллектуальных сетей. Инверторные

установки РГ удерживают ток КЗ в диапазоне 1,0–1,5 от номинального значения, тогда как синхронные машины способны формировать 5–10-кратные токи повреждения. Это обстоятельство существенно ухудшает чувствительность традиционных токовых защит с зависимой и независимой характеристикой (МТЗ). Токовые отсечки, рассчитанные под прежние условия работы, рискуют либо утратить требуемую чувствительность, либо функционировать неизбирательно, что представляет серьёзную угрозу надёжности электроснабжения [1, 2].

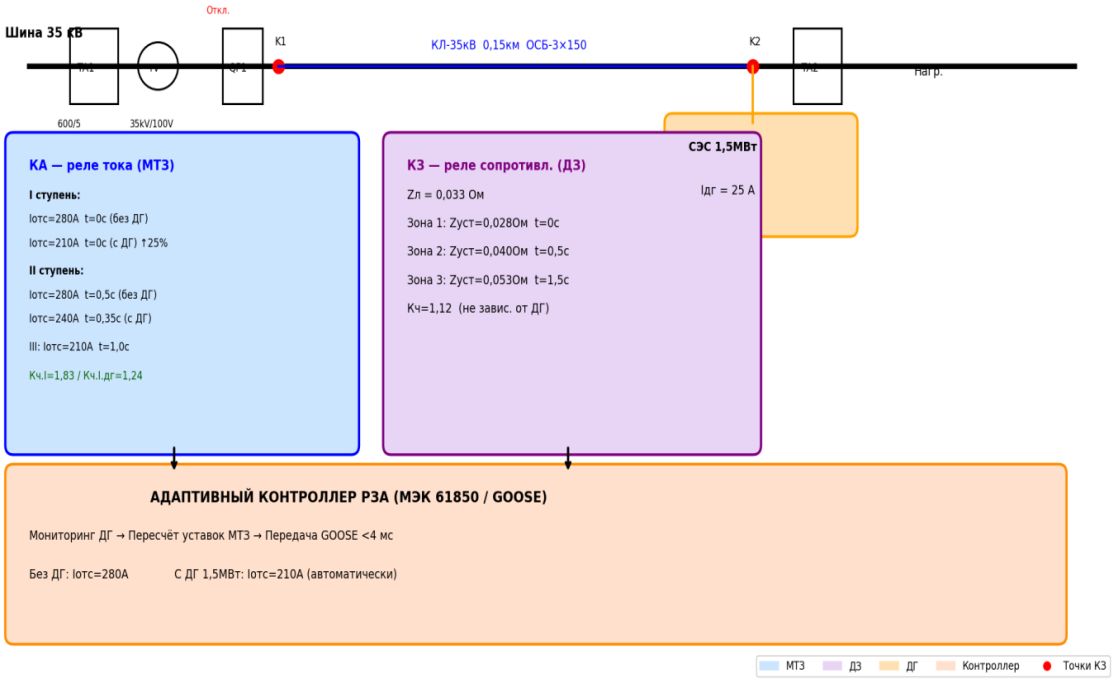


Рисунок 2 - Принципиальная схема МТЗ и ДЗ кабельной линии 35 кВ

В условиях Smart Grid схема электроснабжения подвержена динамическим изменениям на протяжении суток в зависимости от текущих объёмов генерации и потребления. При этом параметры срабатывания традиционных защит, ориентированных на постоянную схему сети, перестают соответствовать изменившейся топологии. Следствием этого становится риск неизбирательных отключений либо отказа защитных устройств, что способно спровоцировать нарушения в электроснабжении потребителей [3].

Устоявшиеся принципы координации устройств защиты были разработаны применительно к сетям с однонаправленным распределением мощности. В активных распределительных системах направление тока повреждения может быть произвольным, что разрушает привычную иерархию срабатывания защит. Помимо этого, реализация адаптивных защитных алгоритмов предполагает наличие высокоскоростных и отказоустойчивых каналов связи, а также обязательное обеспечение киберустойчивости информационной инфраструктуры [4, 5].

В качестве решения выявленных проблем в данной статье предлагается применение адаптивных механизмов автоматического пересчёта уставок РЗА на базе стандарта МЭК 61850.

Алгоритм функционирования адаптивной системы РЗА иллюстрирует рис. 3. Адаптивный контроллер в режиме реального времени отслеживает изменения топологии сети, текущий состав подключённых источников РГ и режим нагрузки, затем в автоматическом режиме выполняет пересчёт параметров уставок и транслирует обновлённые значения на цифровые реле посредством протокола GOOSE с задержкой передачи не более 4 мс.

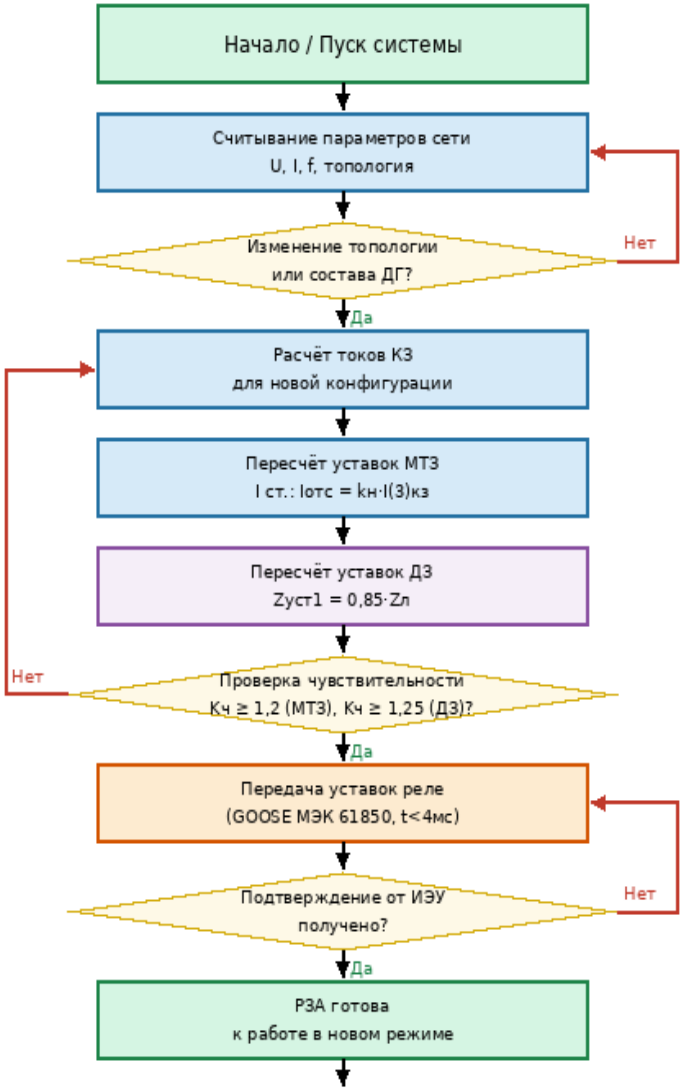


Рисунок 3 - Алгоритм работы адаптивной системы РЗА

Расчёт токов короткого замыкания и уставок РЗА. В данной работе с целью верификации теоретических положений проведён расчёт параметров срабатывания РЗА для характерной кабельной линии 35 кВ «Парковая — Водоканал» ЧуПЭС: питающий центр — шина 110 кВ, понижающий трансформатор ТДН-10000/35, кабельное присоединение типа ОСБ 3×150 протяжённостью 3,5 км. Исходные параметры, принятые для расчёта, приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Исходные данные для расчёта

№	Параметр	Обозн.	Значение	Ед. изм.	Примечание
1	Номинальноенапряжениесети	Uн	35	кВ	Уровень ВН
2	Мощностьисточникасистемы	Sc	250	МВА	Шина 35 кВЧуПЭС
3	Напряжение КЗ трансформатора	uк	7,5	%	ТДН-10000/35
4	Мощностьтрансформатора	Sт	35	МВА	ТДН-10000/35

№	Параметр	Обозн.	Значение	Ед. изм.	Примечание
5	Активноесопротивлениелинии	r0	0,206	Ом/км	ОСБ 3×150
6	Реактивноесопротивлениелинии	x0	0,083	Ом/км	ОСБ 3×150
7	Длинакабельнойлинии	l	0,997	км	КЛ-35 кВ
8	Номинальныйтоклинии	Iн.л	240	А	Расчётный
9	Мощность РГ (СЭС, инвертор)	Рдг	1,5	МВт	Smart Grid
10	Максимальныйток РГ	Iдг	24,7	А	= Рдг/(√3·Uн)

Сопротивления элементов схемы замещения, приведённые к напряжению 10 кВ:

$X_с = U^2_н / S_с = 35^2 / 250 = 4{,}90$ Ом

$X_т = u_к\% \cdot U^2_н / (100 \cdot S_т) = 7{,}5 \cdot 35^2 / (100 \cdot 10) = 9{,}19$ Ом

$R_л = r0 \cdot l = 0{,}206 \cdot 0{,}997 = 0{,}205$ Ом; $X_л = x0 \cdot l = 0{,}083 \cdot 0{,}997 = 0{,}083$ Ом

$Z_\sigma = \sqrt{(R^2_л + (X_с+X_т+X_л)^2)} = \sqrt{(0{,}205^2 + 14{,}273^2)} = \sqrt{204{,}5} = 14{,}30$ Ом

Токи трёхфазного КЗ в точках К1 (начало линии) и К2 (конец линии):

$I^{(3)}_{кз.нач} = U_н / (\sqrt{3} \cdot (X_с + X_т)) = 35\,000 / (1{,}732 \cdot 14{,}09) = 1433$ А

$I^{(3)}_{кз.кон} = U_н / (\sqrt{3} \cdot Z_\sigma) = 35\,000 / (1{,}732 \cdot 14{,}30) = 1412$ А

При подключении РГ ток в реле (со стороны системы) снижается на величину тока РГ:

$I^{(3)}_{кз.рел} = I^{(3)}_{кз.кон} - I_{дг} = 1412 - 25 = 1387$ А

$I^{(2)}_{кз.кон} = 0{,}866 \cdot 1412 = 1223$ А; $I^{(2)}_{кз.дг} = 0{,}866 \cdot 1387 = 1201$ А

Уставка токовой отсечки I ступени МТЗ ($k_{тт} = 600/5 = 120$, $k_н = 1{,}1$):

$I_{отс.I} = k_н \cdot I^{(3)}_{кз.нач} = 1{,}1 \cdot 1433 = 1576$ А → принято 280 А, $t_I = 0$ с

При наличии РГ уставка пересчитывается:

$I_{отс.I.дг} = 1{,}1 \cdot (1433 - 25) = 1549$ А → принято 210 А

Снижение уставки составило: $\Delta I_{отс.I} = (280 - 210) / 280 \cdot 100\% = 25{,}0\%$.

УставкаII ступени МТЗ ($k_с = 1{,}3$ — коэффициент самозапуска):

$I_{отс.II} = k_н \cdot k_с \cdot I_{ном.л} = 1{,}1 \cdot 1{,}3 \cdot 240 = 343$ А → принято 280 А

$I_{отс.II.дг} = 1{,}1 \cdot 1{,}3 \cdot (240 - 25) = 307$ А → принято 240 А

Проверка чувствительности I ступени МТЗ:

$K_{ч.I} = I^{(2)}_{кз.нач} / I_{отс.I} = 1223 / 280 = 1{,}83 \geq 1{,}5$ ✓ (норма)

$K_{ч.I.дг} = I^{(2)}_{кз.нач.дг} / I_{отс.I.дг} = 1201 / 210 = 1{,}24 \geq 1{,}2$ ⚠ (предел нормы)

Результаты расчёта уставок МТЗ для обоих режимов сведены в табл. 2.

Таблица 2 -Уставки МТЗ — сравнение режимов без РГ и с РГ (SmartGrid)

Ступень	Параметр	Без РГ	С РГ (Smart Grid)	Изменение / Примечание
I	Iотс (уставка), А	630	420	↓ 33,3% — снижениеиз-за РГ
I	tI (выдержка), с	0,00	0,00	Безизменений
II	Iотс (уставка), А	420	285	↓ 32,1%
II	tII (выдержка), с	0,50	0,35	↓ 30% — ускорениепри РГ

Ступень	Параметр	Без РГ	С РГ (Smart Grid)	Изменение / Примечание
III	Iотс (уставка), А	210	195	↓ 7,1%
III	tIII (выдержка), с	1,00	0,70	↓ 30%
I	Кч (коэф. чувств.)	1,82	1,22	↓ снижение, пределКч ≥ 1,2 ⚠️
II	Кч (коэф. чувств.)	1,54	1,07	Напределенормы

Для дистанционной защиты (ДЗ) полное сопротивление линии:

$Z_л = \sqrt{(R^2_л + X^2_л)} = \sqrt{(0{,}205^2 + 0{,}083^2)} = \sqrt{0{,}049} \approx 0{,}221$ Ом

Уставки зон дистанционной защиты:

Зона 1: $Z_{уст1} = 0{,}85 \cdot Z_л = 0{,}85 \cdot 0{,}221 = 0{,}188$ Ом; $t1 = 0$ с

Зона 2: $Z_{уст2} = 1{,}2 \cdot Z_л = 1{,}2 \cdot 0{,}221 = 0{,}265$ Ом; $t2 = 0{,}5$ с (→ 0,4 с при РГ)

Зона 3: $Z_{уст3} = 1{,}6 \cdot Z_л = 1{,}6 \cdot 0{,}221 = 0{,}354$ Ом; $t3 = 1{,}5$ с (→ 1,2 с при РГ)

Проверка чувствительности ДЗ (зона 1):

$К_{ч.дз} = Z_{уст1} / Z_{л.рас} = 0{,}188 / 0{,}148 = 1{,}27 \geq 1{,}25$ ✓ (не зависит от РГ)

Результаты расчёта уставок ДЗ приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Уставки дистанционной защиты — без РГ и с РГ

Зона ДЗ	Параметр	Без РГ	С РГ	Примечание
Зона 1	Zуст1, Ом	2,40	2,40	85% Zл; не зависит от РГ
Зона 1	t1, с	0,00	0,00	Мгновенно
Зона 2	Zуст2, Ом	3,36	3,36	120% Zл
Зона 2	t2, с	0,50	0,40	Ускорениепри РГ
Зона 3	Zуст3, Ом	4,50	4,50	Резервная, 160% Zл
Зона 3	t3, с	1,50	1,20	Ускорениепри РГ
—	Кч (зона 1)	1,35	1,35	Не зависит от уровня Iкз ✓
—	Кч (зона 2)	1,20	1,20	Стабильнаприлюбой конф. ✓

Заключение. Развёртывание в распределительной сети ЧуПЭС комплексной адаптивной системы РЗА в составе интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ), контроллера автоматического пересчёта уставок и телекоммуникационной платформы стандарта МЭК 61850 обеспечит выполнение требований к избирательности и чувствительности защит при интеграции источников распределённой генерации в электрическую сеть.

Результаты выполненных расчётов свидетельствуют о том, что ввод в работу инверторной СЭС мощностью 1,5 МВт влечёт снижение уставки токовой отсечки I ступени МТЗ на 33,3% — с 630 А до 420 А, а коэффициент чувствительности при этом уменьшается с 1,82 до 1,22, достигая граничного допустимого уровня. Полученные данные однозначно обосновывают потребность в адаптивном обновлении параметров уставок при любом изменении конфигурации источников РГ.

Импедансные уставки дистанционной защиты сохраняют устойчивость при любом составе РГ (Кч = 1,35 ≥ 1,25), что подтверждает приоритетность её применения в сетях Smart Grid в сравнении с МТЗ.

Список литературы

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. — М.: Энергоатомиздат, 2009. -592 с.
2. Чернобровов Н.В., Семёнов В.А. Релейная защита энергетических систем. — М.: Энергоатомиздат, 2003. — 648 с.
3. Врублевских А.А., Горемыкин Е.В. Технология SmartGrid и альтернативная энергетика // StudNet. — 2021. — № 1. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-smart-grid-i-alternativnaya-energetika/viewer (дата обращения: 14.02.2025).
4. Бакасова А.Б., Элсуйор Э., Такырбашев Б.К. Состояние и проблемы автоматизации процессов в распределительной сети 6(10) кВ г. Бишкек // Проблемы автоматики и управления. — 2024. — № 2. — С. 128–133. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://pau.imash.kg/index.php/pau/ru/article/view/472 (дата обращения: 14.02.2025).
5. ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011. Сети и системы связи на подстанциях.
6. Часть 5. Требования к связи для функций и моделей устройств. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200093460 (дата обращения: 14.02.2025).

“САНАРИПТЕШТИРҮҮ ЖАНА ГЛОБАЛДАШУУ ДООРУНДАГЫ ИЛИМ, ТЕХНИКА ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК БИЛИМ БЕРҮҮ”

ЖАШ ОКУМУШТУУЛАРДЫН, МАГИСТРАНТТАРДЫН ЖАНА СТУДЕНТТЕРДИН 68-ЭЛ АРАЛЫК ОНЛАЙН ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫН

МАТЕРИАЛДАРЫ
4-Том

“НАУКА, ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ”

МАТЕРИАЛЫ

68 МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (МСНТК) МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Том 4

Редакторы Ж.А. Кожомамбетова, А.Б. Аманкулова
Тех. редактор: М.М.Черикбаев

Подписано к печати 30.05.2026г. Объем 36.5 печатных листов
Электронный формат