

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

**И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ
МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК
УНИВЕРСИТЕТИНИН**

ЖАРЧЫСЫ

2025-жыл
№3 (75)

Теориялык жана илимий-техникалык
колдонмо журнал
Жылына 4 жолу чыгат
Журналдын ээси: И.Раззаков атындагы Кыргыз
мамлекеттик техникалык университети
Редакциянын дарегі: 720044, Кыргыз
Республикасы, Бишкек шаары,
Ч.Айтматов көчөсү 66. 1/254 каб.
Тел.: +996(312) 54-51-40

Журналдын сайты: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
Электрондук почтасы:
journal@kstu.kg

Журнал Кыргыз Республикасынын юстиция
министрлигинде катталган.
Күбөлүктүн номуру № 925, 16- январь, 2004-жыл

ISSN 1694-8335

Журнал Россиялык илимий цитата
индексине катталган.
Журналга келген бардык материалдар көз
карандысыз рецензиядан өткөрүлөт.

Басууга 11.08.2025-ж. кол коюлду.
Нускасы 50 даана.

«Калем» типографиясында басылып чыккан.

Башкы редактор: М.К. Чыныбаев, физика-
математика илимдеринин кандидаты, доцент,
И. Раззаков атындагы КМТУнун ректору
Тел.: (312)54-51-25
Электрондук почтасы: rector@kstu.kg

Башкы редактордун орун басары: А.М. Арзыбаев,
техника илимдеринин кандидаты, доцент,
КМТУнун илимий иштер проректору
Тел.: (312)54-51-40
Электрондук почтасы: arzybaev@kstu.kg

Жооптуу катчы: А.Б. Аманкулова
Тел.: 0550-660-442
0505-660-442

РЕДКОЛЛЕГИЯ МҮЧӨЛӨРҮ:

С. А. Алымкулов - т. и. д., профессор
М. З. Алмаматов - т. и. д., профессор
М. К. Асаналиев – педагогика и. д., профессор
А. А. Акунов – тарых и. д., профессор
М. Б. Баткибекова – химия и. д., профессор
А.Б. Бакасова – т.и.д., профессор
Ж. И. Батырканов - т. и. д., профессор
И. В. Бочкарев - т. и. д., профессор
У. Н. Бримкулов - т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр. мүчөсү
Ж.Т. Галбаев– т.и.д.профессор
М. Дж. Джаманбаев – физ.-мат. и. д.,
профессор
М. С. Джуматаев – т. и. д., профессор, КР УИАнын
академиги
У. Р. Давлятов – т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр.мүчөсү
Т. Б. Дуйшеналиев - физ.-мат. и. д., профессор
Т. Ш. Джунушалиева - химия и. д., профессор
К. М. Иванов - т. и. д., профессор, (Россия)
А. С. Иманкулова - т. и. д., профессор
Г. Дж. Кабаева - физ.-мат. и. д., профессор
К. Ч. Кожоголов - т. и. д., профессор, КР УИАнын
академиги
Т. Ы. Маткеримов - т. и. д., профессор
М. М. Мусульманова - т. и. д., профессор
А.Дж. Обозов – т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр.мүчөсү
К. О. Осмонбетов - геология-минералогия и. д.,
профессор
Н. Д. Рогалев - т. и. д., профессор, (Россия)
А. Б. Салиев - физ.-мат. и. д., профессор
Р. М. Султаналиева- физ.-мат. и. д., профессор, КР
УИАнын корр.мүчөсү
А. Т. Татыбеков - т. и. д., профессор
Ж. Ж. Тургумбаев -т. и. д., профессор
А.С. Уметалиев - д.э.н., профессор

© И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик
техникалык университети

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

ИЗВЕСТИЯ

КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. РАЗЗАКОВА

2025 год
№3 (75)

Теоретический и прикладной
научно-технический журнал

Учредитель: Кыргызский государственный
технический университет им. И. Раззакова
Адрес редакции: 720044, Кыргызская Республика,
город Бишкек, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66,
каб 1/254

Тел.: +996(312) 54-51-40

Сайт: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
email:
journal@kstu.kg

Журнал зарегистрирован в Министерстве юстиции
Кыргызской Республики
Свидетельство № 925 от 16 января 2004 года.

ISSN 1694-8335

Журнал зарегистрирован в Российском индексе
научного цитирования

Материалы журнала проходят независимое
рецензирование

Подписан в печать 10.02.2025 г.

Тираж 50 экз.

Отпечатано в типографии «Калем»

Главный редактор: М.К. Чыныбаев, кандидат
физико-математических наук, доцент, ректор КГТУ
им. И. Раззакова

Тел.: Тел.: (312)54-51-25

Электронная почта: rector@kstu.kg

Заместитель главного редактора: **А.М. Арзыбаев**,
кандидат технических наук, доцент,
проректор по научной работе КГТУ им. И.Раззакова

Тел.: (312)54-51-40

Электронная почта: arzybaev@kstu.kg

Ответственный секретарь: **А.Б.Аманкулова**
тел.: 0550-660-442
0505-660-442

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.А. Алымкулов - д. т. н., профессор
М.З. Алмаматов - д. т. н., профессор
М.К. Асаналиев – д. педаг. н. профессор
А.А. Акунов – д. истор. н., профессор
М.Б. Баткибекова – д. хим. н., профессор
А.Б. Бакасова – д.т. н., профессор
Ж.И. Батырканов - д. т. н., профессор
И.В. Бочкарев - д. т. н., профессор
У.Н. Бримкулов - д. т. н., профессор, чл.-корр.
НАН КР
Ж.Т.Галбаев – д.т.н., профессор
М. Дж. Джаманбаев – д. физ.-мат. н. профессор
М.С. Джуматаев – д. т. н., профессор, академик
НАН КР
У.Р. Давляттов - д. т. н., профессор, член-корр. НАН КР
Т.Б. Дуйшеналиев - д. физ.-мат. н., профессор
Т.Ш. Джунушалиева - д. хим. н., профессор
К.М. Иванов - д. т. н., профессор (Россия)
А.С. Иманкулова - д. т. н., профессор
Г.Дж. Кабаева - д. физ.-мат. н., профессор
К. Ч. Кожозулов - д. т. н., профессор, акад. НАН КР
Т.Ы. Маткеримов - д. т. н., профессор
М.М. Мусульманова - д. т. н., профессор
А.Дж. Обозов – д.т.н., профессор, член-корр. НАН КР
К.О. Осмонбетов – д. геолого-минерал. н.,
профессор
Н.Д. Розалев - д. т. н., профессор (Россия)
А.Б. Салиев - д. физ.-мат. н., профессор
Р.М. Султаналиева - д. физ.-мат. н., профессор,
член-корр. НАН КР
А.Т. Татыбеков - д. т. н., профессор
Ж.Ж. Тургумбаев - д. т. н., профессор
А.С. Уметалиев – д.э.н., профессор

© Кыргызский государственный технический
университет им. И. Раззакова, 2024

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

**THE BULLETIN
OF I. RAZZAKOV KYRGYZ
STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

2025
№3 (75)

Theoretical and Applied Scientific and
Technical Journal

The publisher: Kyrgyz State Technical University n.a.
I. Razzakov

Editorial office address: 720044, Kyrgyz Republic,
Bishkek city, No 66 Ch. Aitmatov Ave., room 1/254.
Tel.: +996(312) 54-51-40

Website: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
email: journal@kstu.kg

The journal is registered with the Ministry of Justice of
the Kyrgyz Republic
Certificate No. 925; dated 16.01.2004.

ISSN 1694-8335

The journal has been registered with the Russian
Science Citation Index since
Journal content is independently reviewed

Chief editor: *M.K. Chynybaev*, Candidate of Physical
and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Rector of KSTU I. Razzakov
Tel.: Tel.: (312)54-51-25
E-mail: rector@kstu.kg

Deputy Chief Editor: *A.M. Arzybaev*, candidate of
technical sciences, associate professor,
Vice-Rector for Scientific Work of KSTU I. Razzakov
Tel.: (312) 54-51-40
E-mail: arzybaev@kstu.kg

Executive secretary: *A.B. Amankulova*,
tel.: 0550-660-442
0505-660-442

EDITORIAL BOARD:

S.A. Alymkulov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.Z. Almatov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.K. Asanaliyev, D.Sc. (Pedagogic), Professor
A.A. Akunov, D. Sc. (Historics), Professor
Zh.I. Batyrkanov, D.Sc. (Engineering), Professor
A.B. Bakasova, D.Sc., Professor
M.B. Batkibekova, D.Sc (Chemistry), Professor
I.V. Bochkarev, D.Sc. (Engineering), Professor
U.N. Brimkulov, D.Sc. (Engineering), Prof.,
associate of the National Academy of Science
Zh.T. Galbaev, Doctor of Technical
Sciences, Professor
M. Dzh. Dzhamanbaev, Doctor of Phys.-
Math. n. Professor
M.S. Dzhumataev, D.Sc. (Engineering), Prof.,
Academician of the National Academy of Science
U.R. Davlyatov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, associate of the National
Academy of Science
T.B. Duishenaliev, D.Sc. (Physical and Mathematical),
Professor
T.Sh. Dzhunushalieva, D.Sc (Chemistry),
Professor
K.M. Ivanov, D.Sc. (Engineering), Professor, (Russia)
A.S. Imankulova, D.Sc. (Engineering), Professor
G.Dzh. Kabaeva, D.Sc. (Physical and
Mathematical), Professor
K. Ch. Kozhogulov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, Academician of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz
Republic
T.Y. Matkerimov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.M. Musulmanova, D.Sc (Engineering), Professor
A.J. Obozov, Doctor of Technical Sciences,
Professor, associate of the National Academy
of Science
K.O. Osmonbetov, D.Sc. (Geological and
Mineralogical), Professor
N.D. Rogalev, D.Sc. (Engineering), Professor (Russia)
A.B. Saliev, D.Sc. (Physical and
Mathematical), Professor
R.M. Sultanalieva, D.Sc. (Physical and
Mathematical), professor, associate of the
National Academy of Science
J.J. Turgumbaev, D.Sc. (Engineering), Professor
A.T. Tatybekov, D.Sc. (Engineering), Professor
A.S. Umetaliyev - Doctor of Economics, Professor

The journal is published quarterly
All materials that come to the Editorial Board of the
journal are subject to independent peer-review

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Бапанова Ж.Ж., Амангелдиева Г.Т. Анализ архитектурных решений старинных бань в городах Туркестан и Тараз.....	644
Кожобаева С.Т., Кожокулова А.Н., Кыдыралиев Д.С. Форма и функция в культурной и культовой архитектуре.....	653
Галимзянова К.В. Переосмысление традиций: развитие современного ювелирного искусства в Кыргызстане	666
Шамырканов Р.А., Омуралиев Д.Д. Этнокультурное формирование жилого квартала.....	676

ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ

Урмамбетова Т.К., Чымыров А.У. Внедрение цифровой земли в высшее образование: пример проекта Devision.....	685
---	-----

ГОРНОЕ ДЕЛО

Несипбаев Д.А., Курманалиев К.З. Предпосылки обоснования методики разведки и оценки размерности и содержаний золота мозаичных блоков дискретных подсистем месторождения Джеруй	697
---	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Меркурьев И.В., Дуйшеналиев Т.Б., Гуйцзюнь У., Доталиева Ж.Ж., Орозбаев А.А., Жакыпова Ж.И. Робастное управление скоростью реабилитационного робота на основе ESO и адаптивного скользящего режима (ASMC).....	724
Мукашова Ж.С., Стамкулова Г.К. Сбор данных из открытых и закрытых источников с целью выявления угроз и уязвимостей веб сайта.....	740
Омуракунова А.А., Тентиев Р.Б., Касыбеков А.У. Искусственный интеллект в политических коммуникациях: трансформация PR-технологий и вызовы цифровой этики.....	748
Таалайбекова А. Т., Маматбеков И. М., Кадыркулова К. К., Чжаньхао Лян. Классификация действий в теннисе на основе скелетных данных с использованием ALPHAPOSE и моделей сети GCN.....	761
Токтоналы А., Сарлыков А. Р., Муратова М.А. Создание русско-кыргызского параллельного корпуса с использование произведений Ч. Айтматова.....	767

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Алимова К.Т. Кыргызстандагы саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү: тарыхый талдоо.....	774
Никитина Е.А., Каримов Б.Т. Портрет руководителя технического высшего учебного заведения.....	783
Толобаев М. Ш., Абылкасымова Г. А. Философия искусственного интеллекта в парадигме науки и гуманизма	789

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Исаева Г.С. Позиционный подход к моделированию оползневых явлений.....	795
Жусуева Н.Ж., Конкин А.А. Математическая модель для анализа и расчета уровня загруженности дорог на основе графов, дифференциальных уравнений и на основе теории Лайтхилла-Уизема-Ричардса.....	801
Журавлев О.В., Мишин А.С. Гибкий интеллектуальный контроллерный алгоритм режима резервирования мощности фотоэлектрических систем по методу стягивающего коэффициента	811

Тажибаев К.Т., Казакбаева Г.О., Тажибаев Д.К. Напряженное состояние, деформация и саморазрушение модельных оптически активных образцов, имеющих остаточные напряжения.....	820
---	-----

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Акмурадов И.Б., Айткожаева Р.М., Каимбаева Л.А., Кошоева Т.Р. Разработка технологии производства продукта для детей с использованием козьего молока.....	833
Борисова А.С., Бекова Ж.О., Тынарбекова М.Т., Элеманова Р.Ш. К вопросу разработки рецептуры белково-растительной пасты.....	840
Борисова А.С., Бекова Ж.О., Элеманова Р.Ш. Оптимизация рецептуры растительного композита методом математического моделирования	849
Ишенбаева Н.Н., Мусульманова М.М., Сманалиева Ж.Н. Качество и показатели пищевой безопасности шалфейного, тимьянового и эремурусового меда, собранного в биосферном заповеднике «Сары-Челек».....	859

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Иманбеков Т.Т. Оценка сопротивляемости донного грунта передвижению трака под гидростатическим давлением.....	872
Мирзаев М.А. Анализ технологии рекуперации теплоты отработанных газов автомобилей с дизельными двигателями.....	879
Токтоназаров А. У., Сырбаков А. П., Давлятов У. Р. Повышение эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей марки «DAYUN» в условиях общества с ограниченной ответственностью сервисной компании «Сибирь трак сервис» г. Новосибирск.....	885

ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Жакыпова Г.М., Сулайманкулова С.К., Бейсембаев А.А., Габитов В.Х., Сырымбекова Э. И., Шайымбетова А. Нанораствор меди.....	891
---	-----

ЭКОЛОГИЯ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Сариев А.И., Карасартов У.Э., Темирбеков Ж., Исмаилова Ж.Т., Темирбаева Н.Ы. Теоретико-экспериментальные исследования естественной детоксикации акарицидных веществ в окружающей среде.....	899
Сасыкеев У.Т., Аширалиева Э.Д., Жумадилова К.Н. Научные основы требований санитарно-экологического обеспечения городов	906
Супуева А.С., Имашов М.Б., Симбаева К.А. Проблемы газификации жилых и общественных зданий в условиях повышения потребления природного газа.....	912
Супуева А.С., Орозобекова А.Ч., Нурбеков А.Н., Жумалиев Ж.Т. Анализ потребления топлива в децентрализованных котельных системах.....	919

ЭНЕРГЕТИКА

Волков А.В., Дружинин А.А., Филатов А.В., Бирюлин М.А. Расчётно-экспериментальные исследования по созданию биологически безопасных элементов проточной части гидравлических турбин.....	925
Галбаев Ж.Т., Рахмонов И.У. Factors affecting the reliability of inverters in large-scale solar power plants.....	933
Галбаев Ж.Т., Саидходжаев А.Г., Холихматов Б.Б. Разработка методики и способа определения суммарных нагрузок системы электроснабжения городов.....	941

УДК 725.8(574)

DOI:10.56634/16948335.2025.3.644-652

Ж.Ж. Бапанова¹, Г.Т. Амангелдиева²

¹И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

²Казак Улуттук суу чарба жана ирригация университети, Тараз, Казакстан Республикасы

¹КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

²Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации,
Тараз, Республика Казахстан

Zh.Zh Bapanova¹, G.T. Amangeldieva²

¹KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

²Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Republic Kazakhstan

¹ORCID 0000-0002-0674-0048,

²ORCID 0000-0002-3093-5400

bapanovajanar@gmail.com, amangeldieva.gulnaz7@mail.ru

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ СТАРИННЫХ БАНЬ В ГОРОДАХ ТУРКЕСТАН И ТАРАЗ

ТҮРКСТАН ЖАНА ТАРАЗ ШААРЛАРЫНДАГЫ БАЙЫРКЫ МОНЧОЛОРДУН АРХИТЕКТУРАЛЫК ЧЕЧИМДЕРИН ТАЛДОО

ANALYSIS OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF ANCIENT BATHS IN THE CITIES OF TURKESTAN AND TARAZ

Макалада Улуу Жибек жолу боюнча маданият жана соода борборлору болгон Түркстан (Хазрет Султан) жана Тараз (Кали Жунус) шаарларындагы тарыхый мончо имараттарынын архитектуралык өзгөчөлүктөрү каралат. Орто кылымдагы архитектуранын мүнөздүү белгилерин чагылдырган мончолордун мейкиндик-планировкалык чечимдери, конструкциялык өзгөчөлүктөрү, ички жана сырткы жасалгалоо элементтерине салыштырма талдоо жүргүзүлгөн. Эки мончонун ортосундагы окшоштуктар жана айырмачылыктар аныкталган. Салттуу курулуш материалдарын, жылытуу жана суу менен камсыздоо системаларын пайдаланууга, ошондой эле мончо комплекстеринин көрүнүшүнө ислам архитектурасынын таасирине өзгөчө көңүл бурулган. Изилдөөнүн натыйжасында аймактык архитектуралык салттарга байланыштуу жалпы белгилер жана эсергиликтүү маданий контекстке байланыштуу ар бир имараттын уникалдуу өзгөчөлүктөрү аныкталган. Алынган жыйынтыктар тарыхый-маданий мурастарды калыбына келтирүү жана сактоо долбоорлорун иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: күмбөз, суфа, кире бериш, борбордук мончо бөлмөсү, буу жылытуу системасы, түндүк.

В статье рассматриваются архитектурные особенности исторических банных сооружений в городе Туркестан (Хазрет Султан) и Тараз (Кали Жунус), являющихся важными центрами культуры и торговли на Великом шелковом пути. Проведен

сравнительный анализ пространственно-планировочных решений, конструктивных особенностей, а также элементов внутренней и внешней отделки бань, отражающих характерные черты средневековой архитектуры региона. Выявлены сходства и различия между двумя банями. Особое внимание уделено использованию традиционных строительных материалов, систем отопления и водоснабжения, а также влиянию исламской архитектуры на формирование облика банных комплексов. В результате исследования выявлены как общие черты, обусловленные региональной архитектурной традицией, так и уникальные особенности каждой постройки, связанные с местным культурным контекстом. Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектов реставрации и сохранения объектов историко-культурного наследия.

Ключевые слова: купол, суфа, прихожая, центральная ванная комната, парная система отопления, тундук.

The article examines the architectural features of historical bathhouses in the cities of Turkestan (Hazret Sultan) and Taraz (Kali Zhunus), which were important centers of culture and trade along the Great Silk Road. A comparative analysis is conducted of the spatial planning solutions, structural characteristics, and elements of interior and exterior decoration of the baths, reflecting the distinctive features of the region's medieval architecture. Similarities and differences between the two bathhouses are identified. Special attention is given to the use of traditional building materials, heating and water supply systems, as well as the influence of Islamic architecture on the formation of the bath complexes' appearance. The study reveals both common traits rooted in regional architectural traditions and unique characteristics of each structure linked to the local cultural context. The results can be used in the development of restoration and preservation projects for historical and cultural heritage sites.

Key words: dome, sufa, entrance hall, central bathing room, steam heating system, tunduk.

Введение. Древние бани - один из важнейших социальных и культурных объектов средневековых городов. Данные археологических исследований городов Туркестан и Тараз дают интересные сведения о структурных и плановых особенностях бань, расположенных в этих двух городах. Эти бани служили не только для обеспечения бытовых нужд, но и важной частью общественной жизни. В различные исторические периоды, наряду с бытовыми и гигиеническими услугами, бани также использовались как места социального взаимодействия людей, центры здоровья и духовного обновления.

Восточная баня занимает очень важное место среди населения. Ведь он сыграл одну из главных ролей в жизни горожан. То есть это было самое посещаемое место людей после мечети. О популярности бани в быту населения свидетельствуют многочисленные ее характеристики, описание банных эпизодов, перечни своеобразных правил посещения бань, сохранившиеся в средневековой литературе. Сам факт существования бань в том или ином городе свидетельствует о высоком уровне благоустройства [1, С. 113-114, 2, С. 336, 3, С. 120-130].

Академик И. А. Орбели писал: «...Баня на Кавказе, как и на всем Востоке, — предмет особой заботы и градоправителя, и цеховых организаций, и отдельного богача, устроившего баню для себя и для своих друзей. Потому что баня служит не только для омовения, но и для укрепления сил, поднятия упавшего настроения, для отдыха, для встречи и дружеской беседы с приятелями, для встречи и разговора о купле и продаже, о торговой сделке и для показа мастерства в шахматы или нардах» [4, С. 159-170]. Джелал Эссад писал: "Бани нужны мусульманам так же, как и мечети..." [5, С. 267]. Некий известный средневековый каллиграф Мешхед отметил: "...Хотя конструкция бани была сделана из глины и кирпича, ее пространство похоже на рай" [6, С. 311].

На Востоке были известны медицинские постулаты благотворного влияния бани на организм. Наверное, и в отарских банях прибегали к использованию лекарственных растворов, предлагаемых выдающимся медиком Ибн Синой, получаемых путем кипячения растений, серы, золы, а также таких, которые ученый называл «железными», «солеными», «кварцевыми», «купоросными» ... Ведь в этих банях при раскопках обнаружены специальные резервуары для ароматических средств...

Врач IX - X вв. Закария ар-Рази, описывая влияние бани на организм человека, рекомендовал украшать бани хорошей живописью, которая исцеляет от меланхолии и облегчает груз забот [7, С. 80-92].

Бани обычно строили в оживленном городском районе, вдоль торговых путей на рынках и рядом с ними. Кроме того, строительная техника, технология и архитектурные формы бань на протяжении веков оставались неизменными. То есть несмотря на то, что время строительства восточной бани Хазрет Султан (1580-1590 гг.) и бани Кали Жунус (1906 г.) составляет почти 4 века, различия в объемно-планировочных и конструктивных решениях, строительной технике, технологии и архитектурных формах относительно невелики. Обе эти бани были построены из обожженного кирпича по старинному традиционному методу, с закрытыми стенами и расположенными в верхней части куполами. Фасад бани был украшен обожженным кирпичом, а полые пролеты были оштукатурены до блеска.

Цель исследования. Выявить и проанализировать особенности архитектурных решений старинных бань в городах Туркестан и Тараз, раскрыть их историко-культурное значение, конструктивные и художественные особенности, а также определить влияние традиций и природно-климатических факторов на формирование архитектурного облика данных объектов.

Материалы и методы исследования. Баня Хазрет Султан расположена в Туркестанской области городе Туркестан. **Восточная баня** — это пятикупольное, девятикомнатное сооружение из обожжённого кирпича, частично заглублённое в землю и расположенное на расстоянии 80 метров к юго-западу от мавзолея Ходжи Ахмеда Ясави; такая полуподземная планировка была выбрана с целью замедления утечки тепла, поступающего из недр земли. [8, С. 188-200].

Старинная восточная баня отличается характерной сложной конструкцией. В конструкции бани отчетливо виден колоссальный опыт средневековых мастеров. Состоит из девяти помещений различных по величине, функциональному назначению и времени постройки. Старая часть включает семь помещений. Общая площадь бани 17х15 м, высота 4,80 м, размеры кирпичей все равные 25х25х5 см, толщина стен более 1м (см. рис. 1) [9].

Баня Кали Жунус построена из обожженного кирпича, типичного для общественного строительства, похожего на Восточную баню Хазрет Султан. Закрытые стены помещений имеют куполообразную форму. На сегодняшний день из одиннадцать помещений десять сохранены, одиннадцатое помещение разрушено. Все помещения сооружения соединены между собой тонкими коридорными проходами. Площадь бани - 18х25 м. Толщина стен 0,8 м, высота от 2,5 м до 3 м. Высота помещения до купола - от 4 до 6 метров (см. рис. 2) [10].

Исторические объекты являются одним из памятников средневековой историко-культурной архитектуры, входящим в состав Государственного историко-культурного заповедника, музея. Кроме того, здания расположены в районе древнего исторического объекта города, между домами расположенными очень близко друг к другу. Обе эти бани построены специально для горожан и паломников. Так как бани выглядят очень скромно без каких-либо узоров и декор.

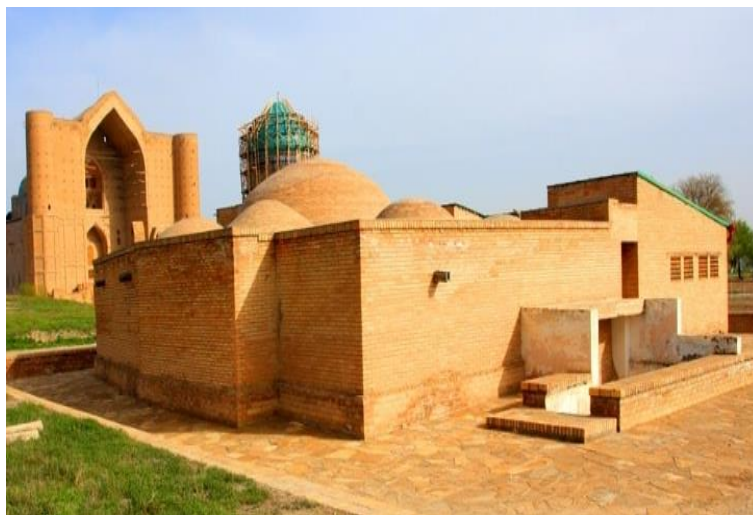


Рисунок 1 - Баня Хазрет Султан

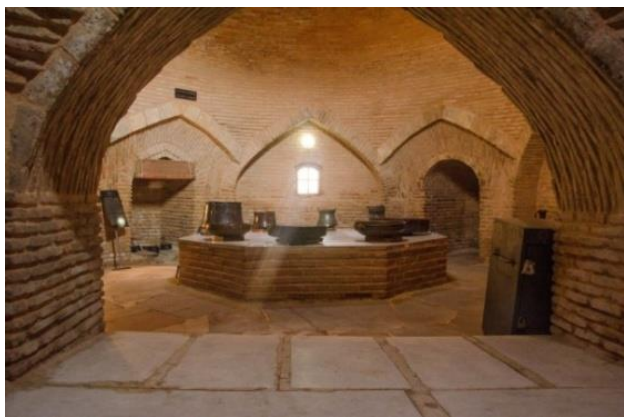


Рисунок 2 - Баня Кали Жунуса

Количество и функциональное назначение помещений восточных бань были запроектированы идентичным образом. В состав архитектурной структуры входили: вестибюль, центральное помещение для омовения, залы с котельными для хранения горячей и холодной воды, массажные комнаты и другие служебные помещения. Все зоны в обеих банях были взаимосвязаны посредством коридоров и переходов.

Центральное помещение для омовения представляет собой наибольшее по объёму пространство в структуре восточных бань. Архитектурная форма зала характеризуется восьмигранной конфигурацией стен, плавно переходящей в массивный купол, являющийся одним из крупнейших покрытий среди аналогичных историко-архитектурных объектов. В центральной части купола предусмотрено отверстие — люки (түндік), служащее для обеспечения естественной вентиляции и проникновения дневного света.

В центре помещения расположен восьмигранный тапшан, окружённый по периметру мраморными суфами. Высота тапшана составляет приблизительно 0,37 метра. В рассматриваемом зале предусмотрено лишь одно небольшое окно, расположенное напротив входной двери. Под окном проходит система подогрева пола, обеспечивающая комфортную температуру внутри. По обе стороны от окна устроены ниши: с правой стороны размещалась зона для стрижки, с левой для совершения омовения (см. рис. 3, а, б)



а) баня Хазрет Султан

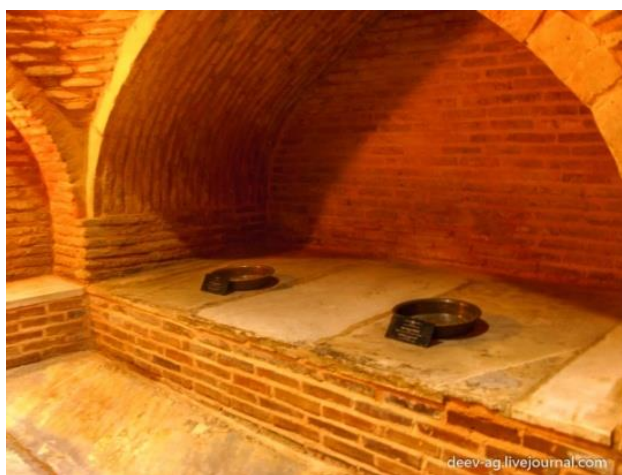


б) баня Кали Жунус

Рисунок 3 - Центральная ванная комната

Массажное помещение является одним из крупнейших по объёму после центрального зала для омовения. Его архитектурная структура представляет собой прямоугольную форму, переходящую в купольное завершение.

Отсутствие мраморных суф по периметру помещения свидетельствует о том, что процедуры массажа выполнялись непосредственно на нагретой мраморной плите, расположенной в центре. Размер плит, уложенных на полу, составляет $1,5 \times 0,8$ м. Высота помещения достигает 4,40 м. (см. рис. 4, а, б)



а) баня Хазрет Султан



б) баня Кали Жунус

Рисунок 4 - Массажная комната

В помещениях для горячей и холодной воды были предусмотрены дополнительные зоны для забора воды соответствующей температуры. В специально установленные котлы

наливалась вода, которую по мере необходимости доставали с помощью ковшей через специально оборудованные проёмы. Суфа в помещении с горячей водой выполнена более просторной, что обусловлено использованием данной зоны в качестве парильни, так как она являлась самой тёплой частью бани.

В помещении с холодной водой входной коридор имел косую, вытянутую форму — это архитектурное решение было направлено на предотвращение резкого проникновения холодного воздуха в центральные залы. Котёл для нагрева воды размещался в удлинённом, коридорном помещении, что обеспечивало удобство эксплуатации и транспортировки воды.

Архитектурная структура восточных бань была возведена на основе средневековых строительных традиций с применением характерных для восточной архитектуры систем водоснабжения и отопления [11].

Конструкция отопительной системы выполнена с высоким уровнем инженерного мастерства: горячий воздух от топочного отделения распределялся по всем помещениям через подземные каналы, проложенные под полом. Тепло накапливалось в специальных теплоёмких камерах под полом и передавалось от нагревательного котла, встроенного вдоль стены.

Первоначально тёплый воздух направлялся в ротонду, расположенную под восьмигранной суфой основного зала, а затем, посредством радиально расходящихся каналов, тепло распространялось в смежные помещения. Каменные скамьи, установленные вдоль стен, хорошо прогревались, что позволяло использовать их независимо от погодных условий. Полы были выложены крупными плитами из розового камня (см. рис. 5, а, б).



а) баня Хазрет Султан



б) баня Кали Жунус

Рисунок 5 - Система отопления

Навес (бастырма) является архитектурным элементом, придающим завершённый облик восточным баням. Со временем навес восточной бани комплекса «Эзірет Сұлтан» обветшал, и в начале ХХІ века он был реконструирован в соответствии с традиционным восточным стилем.

Навес бани Кали Жунуса расположен с правой стороны заднего фасада. Он состоит из четырёх малых колонн и покрытия, выполненного из узких досочек шириной не более 0,03 м, уложенных внахлёст. В нижней части навеса, с левой стороны, имеется прорезь, анализ которой позволяет предположить, что это было пространство, служившее топочной зоной для котла. В левой стене навеса установлена небольшая горизонтально ориентированная квадратная трубка, предназначенная для улучшения вентиляции и воздухообмена внутри помещения (см. рис. 6, а, б)



а) баня Хазрет Султан



б) баня Кали Жунус

Рисунок 6 – Навес

Конструктивное решение крыши бани выполнено с использованием подвесно-купольной системы перекрытия (см. рис. 7, а, б). Освещение и вентиляция осуществляются через отверстия, расположенные в куполе по диагонали друг к другу, а также посредством небольших промежутков между стенами здания и перекрытием [12].

Кроме того, важной особенностью конструкции крыши является система водоотвода. Хотя на первый взгляд крыша выглядит плоской, она выполнена волнообразно, с применением метода енды. Благодаря такому способу строительства вся дождевая вода с крыши стекает в одном направлении по единой системе и отводится наружу через специальные водосточные отверстия. Эти отверстия расположены в задней части здания, их три. Размещение водосточной системы в задней части, вероятно, обусловлено стремлением соответствовать эстетическим требованиям архитектурного облика сооружения [13].



а) баня Хазрет Султан



б) баня Кали Жунус

Рисунок 7 – Крыша

Кровля древних бань Туркестана и Тараза отличается оригинальностью и инженерной изобретательностью конструктивного исполнения. На крыше размещены купола различного размера, в центральной части которых предусмотрены люки (түндік) – специальные световые отверстия. Примечательно, что несмотря на свои компактные размеры, люки (түндік) обеспечивает достаточный уровень естественного освещения внутри помещения.

В восточной бане Хазрет Султан установлено пять куполов, каждый из которых снабжён круглым люком (түндүк) диаметром 0,40 м (см. рис. 8, а) [14].

Кровля бани Кали Жунуса состоит из одиннадцати куполов разного размера. Люки (түндүк) в центральной части основного купола выполнен в виде прямоугольной конструкции размером 1,3 м². (см. рис. 8, б).



а) баня Хазрет Султан



б) баня Кали Жунус

Рисунок 8 -Люки (түндүк)

Результаты исследования и их обсуждение. Несмотря на то, что строительство бани Кали Жунус в городе Тараз и Восточной бани Хазрет Султан в городе Туркестан относится к разным столетиям, между ними наблюдается значительное сходство в объемно-планировочных и конструктивных решениях. Сравнение этих архитектурных объектов можно начать с их внешнего облика: оба здания выложены из обожжённого кирпича с одинаковой тщательностью. Сходными являются конструкции куполов, расположение суф и ниш в помещениях, функциональное назначение комнат, а также система подземного обогрева и наличие люков (түндүк) в центре куполов. Примечательно, что даже самые крупные помещения обоих банных комплексов — центральные залы для омовения — демонстрируют идентичность вплоть до формы ниш, расположенных по обе стороны от окон, и центрально расположенных помостов (тапшан).

Следует отметить, что Восточная баня Хазрет Султан датируется XVI веком (1580–1590 гг.), тогда как баня Кали Жунус относится к началу XX века (1906 г.). Несмотря на значительный временной разрыв, их объемно-пространственная организация и конструктивные особенности были реализованы по сходным принципам.

Наряду с многочисленными сходствами, следует отметить и различия между двумя восточными банями. Прежде всего, в глаза бросается различие в количестве куполов: у Восточной бани Хазрет Султан их пять, тогда как баня Кали Жунус имеет одиннадцать куполов. Также различаются люки (түндүк), расположенные в центре куполов: в бане Хазрет Султан они круглой формы диаметром 0,40 м, а в бане Кали Жунус — прямоугольные, площадью 1,3 м².

Баня Хазрет Султан представляет собой полуподземное сооружение, с толщиной стен до 1 метра. В то же время, согласно старым фотографиям, в бане Кали Жунус стены некоторых помещений были украшены различными изображениями, а толщина стен составляет 0,80 м.

Целевое назначение этих бань также различается: если баня Кали Жунус была построена как подарок или знак благодарности для народа, то Восточная баня Хазрет Султан», расположенная вблизи мавзолея, изначально предназначалась для очищения паломников, приходящих к святыне.

Выводы или заключение. Искусство строительства бань является одним из устойчивых направлений архитектурного зодчества. На протяжении веков в архитектуре бань практически не происходило изменений в строительной технике, технологиях и формах. Архитектурный облик восточных бань традиционно формировался посредством группы куполообразных объемов, нередко расположенных вровень с поверхностью земли и оштукатуренных смесью глины с саманом. Центр композиции, как правило, акцентировался высоким куполом главного зала. Нет сомнений, что и эти две банные постройки имеют аналогичную купольную систему перекрытия [15].

Несмотря на то, что строительство двух восточных бань, каждая из которых состоит из ряда соединённых между собой помещений различной величины с характерными

купольными перекрытиями, относится к разным столетиям, их объемно-планировочные и конструктивные решения демонстрируют поразительное сходство. К числу характерных черт относятся: толстые стены, люки (түндік) — отверстия в куполах для циркуляции воздуха, небольшие оконные проёмы, система подогрева полов, а также оригинальные архитектурные конструкции и уникальные строительные технологии.

Как указывал выдающийся врач IX–X веков Закария ар-Рази, стены бань украшались различными изображениями. Со временем краски поблекли, и в настоящее время стены приобрели сероватый оттенок.

Восточная баня Хазрет Султан в городе Туркестан функционировала вплоть до 1975 года. В 1979 году она была преобразована в музей с целью сохранения выдающегося образца средневековой архитектуры для будущих поколений. Описываемые в статье исторические сооружения отнесены к числу архитектурных памятников.

Список литературы

1. Кабус-Намэ. Академия наук СССР. - Москва: Издательство восточной литературы, 1958. С. 113-114 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://drakopanda.com/12102-kabus-name-1958>
2. Болдырев, А.М. Очерки из жизни гератского общества на рубеже XV-XVI вв: Труды отдела востока государственного Эритажа[Текст] / А.М. Болдырев. - Ленинград: Т. IV, 1947. - С.336.
3. Вамбери, Г. Очерки жизни и нравов Востока: монография [Текст] / Г. Вамбери. - Санкт-Петербург: 1887. - С.120-130.
4. Орбели, И.А. Баня и балаган XII века. Памятники эпохи Руставели: монография [Текст] / И.А. Орбели. – Ленинград: 1938. - С. 159-170.
5. Эссад, Джалал. Константинополь от Византии до Стамбула: монография / Эссад Джалал. - Москва: Книгоиздательство М. и С. Сабашниковых, 1919. - С. 267 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.byzantium.ru/library/lib.php?id=230>.
6. Мец, А. Мусульманский ренессанс: монография / А. Мец. - Москва: Главная редакция журнала "Восточная литература". Наука, 1973. - С. 311 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [file:///C:/Users/777/Downloads/musulmanskiy_renessans%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/777/Downloads/musulmanskiy_renessans%20(1).pdf)
7. Байпаков, К.М. По следам древних городов Казахстана, (Отрарский оазис): монография [Текст] / К. М. Байпаков. - Алма-Ата: «Наука» Казахской ССР, 2000, - С. 80-92.
8. Хмельницкий, С.Г. Между Саманидами и Монголами: монография [Текст] / С.Г. Хмельницкий. - Берлин-Рига: 1997. - С. 188–200.
9. Сагнаева, А. М. Восстановление внешнего вида древневосточной бани [Текст] / А. М. Сагнаева // Материалы конференций, семинаров, XV Международной научной конференции студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM - 2020», Архитектура и строительство (Астана, 2020-04-10). - Астана: Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rep.enu.kz/handle/enu/9777>
10. https://kk.wikipedia.org/wiki/%D2%9A%D0%B0%D0%BB%D0%B8_%D0%96%D2%AF%D0%BD%D1%96%D1%81_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%88%D0%B0%D1%81%D1%8B
12. <https://kazislam.kz/monsha-madenieti-saqtalsa/?amp>
13. Некоторые результаты исследования бани-хаммам на городище Тараз в 2012 году [Текст] / К.М. Байпаков, Д.А. Воякин, М.К. Сейткалиев, Р.Н. Буранбаев // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. - Алматы: 2013. - № 3. С. 187-199. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nbllib.library.kz/elib/library.kz/journal/Baipakov%20Voiakin%20Seitkaliev.....3....13.pdf>
14. <https://e-history.kz/kz/news/show/2145>
15. <https://youtu.be/czUPC41ol9Y>
16. Байпаков, К.М. Древние города Казахстана: Детская энциклопедия Казахстана [Текст] / К.М. Байпаков. – 2-е изд., перераб. и доп.: - Алматы: Аруна, 2007. -С. 101-107 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kazneb.kz/ru/bookView/view?brId=1104606>

С.Т. Кожобаева, А.Н. Кожокулова, Д.С. Кыдыралиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S.T. Kogzhbaeva, A. N. Kojokulova, D.S. Kydyraliev
Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
koghobaeva- s@kstu.kg, aigul.kojokulova@kstu.kg, danil.kydyraliev@mail.ru

ФОРМА И ФУНКЦИЯ В КУЛЬТУРНОЙ И КУЛЬТОВОЙ АРХИТЕКТУРЕ

МАДАНИЙ ЖАНА ДИНИЙ АРХИТЕКТУРАДАГЫ ФОРМА МЕНЕН ФУНКЦИЯ

FORM AND FUNCTION IN CULTURAL AND RELIGIOUS ARCHITECTURE

Макалада архитектурада форма менен функциянын өз ара байланышы Кыргыз мамлекеттик Абдылас Малдыбаев атындагы академиялык опера жана балет театрынын (Бишкек) жана Вильнюстагы Ыйык Станислав менен Ыйык Владиславдын кафедралык соборунун фасаддарын салыштырмалуу талдоо мисалында каралат. Изилдөөнүн максаты — классикалык формаларды интерпретациялоого жана аларды билим берүү программаларына ыңгайлаштырууга байланышкан заманбап архитектура-дизайн жана реставрация билим берүүсүндөгү маселелерди аныктоо. Айрыкча көңүл маданий контексттердин архитектуралык чечимдерге жана билим берүү практикаларынын заманбап түшүнүктөрүнө тийгизген таасирине бурулган.

Түйүндүү сөздөр: архитектуралык форма, архитектурадагы функция, салыштырма талдоо, изилдөөлөр, архитектуралык билим берүү, коомдук мейкиндиктер, окуу практикасы.

В статье рассматриваются вопросы соотношения формы и функции в архитектуре на примере сравнительного анализа фасадов Кыргызского государственного академического театра оперы и балета имени Абдыласа Малдыбаева в Бишкеке и Кафедрального собора Святого Станислава и Святого Владислава в Вильнюсе. Исследование направлено на выявление проблем современного архитектурно-дизайнерского и реставрационного образования, связанных с интерпретацией классических форм и их адаптацией в образовательных программах. Особое внимание уделено влиянию культурных контекстов на архитектурные решения и современное понимание учебных практик.

Ключевые слова: архитектурная форма, функция в архитектуре, сравнительный анализ, исследования, архитектурное образование, общественные пространства, учебная практика.

The article explores the relationship between form and function in architecture through a comparative analysis of the façades of the Abdylas Maldybaev Kyrgyz National Academic Opera and Ballet Theater in Bishkek and the Cathedral of St. Stanislaus and St. Vladislaus in Vilnius. The research aims to identify issues in contemporary architectural, design, and restoration education related to the interpretation of classical forms and their adaptation within educational programs. Special attention is given to the influence of cultural contexts on architectural decisions and the modern understanding of educational practices.

Key words: architectural form, function in architecture, comparative analysis, research, architectural education, public spaces, practical training.

Введение: Актуализация вопросов соотношения формы и функции в архитектуре приобретает особое значение в контексте современного проектирования и реставрации. В современной архитектуре форма может быть инновационной, органической или абстрактной, в зависимости от дизайнерских предпочтений и функциональных требований. Функция связана с использованием здания и его практическим назначением. Рассматривая взаимосвязь формы и функции в современной архитектуре, можно привести примеры прошлого, например, изречение великого мастера архитектуры Луиса Салливана: «форма следует функции» [1]. Фрэнк Ллойд Райт — один из величайших архитекторов XX-го века, основоположник «органической архитектуры» и принципа свободной планировки. Ученик Салливана, развил его идею, утверждая: "форма и функция едины". Именно постройках (Дом Уиллиса, 1902; Дом Кунли, 1908; Дом Роби, 1908) Райт впервые формулирует принципы «органической архитектуры», ставшей его творческим кредо: единство здания и природного окружения, архитектуры и интерьера [2]. В статье проводится сравнительный анализ Театра оперы и балета в Бишкеке и Кафедрального собора в Вильнюсе как примеров различных подходов к архитектурному формообразованию. Рассматривается влияние культурно-исторической среды на проектные решения, определяющие архитектурный облик зданий. Выявляются особенности, связанные с функциональной нагрузкой объектов и их символическим восприятием в общественном сознании. Исследование выявляет, как культурный контекст, функциональное назначение и историческая среда формируют архитектурный образ здания. Статья поднимает вопросы развития дизайнерского мышления у студентов, подчеркивая необходимость междисциплинарного подхода при формировании компетенций будущих специалистов.

Цель работы: Исследование архитектурных концепций двух объектов, а также их взаимодействия с функциональными потребностями. В процессе исследования проведен анализ архитектурных стилей, влияние технологических факторов на проектирование, сравнительный анализ использования пространства и формы для различных культур и функций.

Методология исследования. Исторический экскурс. Кыргызский государственный академический театр оперы и балета имени Абдыласа Малдыбаева находится в центре Бишкека, площадь перед театром носит статус одного из ключевых общественных пространств города. Начато строительство объекта в 1930 году. Официальное открытие произошло в 1939 году. Назван театр в честь Абдыласа Малдыбаева - одного из основоположников кыргызской профессиональной музыки и оперы. Здание построено в **1955–1959 гг.** по проекту архитекторов А.И. Лабуренко и П. Иванова. Кыргызский государственный академический театр оперы и балета имени Абдыласа Малдыбаева — это **центральная сцена страны** в области оперы и балета.

Кафедральный собор Святого Станислава и Святого Владислава в Вильнюсе — один из самых значимых памятников архитектуры и истории Литвы, главная католическая церковь страны и духовный центр Вильнюсской архиепархии. Собор находится в самом сердце Вильнюса — на Кафедральной площади у подножия Замковой горы. В **1783–1801** собор перестроен в стиле классицизма по проекту знаменитого архитектора **Лауринаса Гуцявичюса**. Именно в этом виде он дошёл до наших дней. Во времена СССР собор был закрыт (с 1950-х до конца 1980-х годов), в нём размещались художественные галереи. В **1989** году здание возвращено Католической церкви. Сегодня **Кафедральный собор Святого Станислава и Святого Владислава в Вильнюсе** важнейший религиозный объект Литвы, место проведения торжественных месс, национальных праздников и концертов органной музыки.

Особенности архитектурных традиций Кыргызстана и Литвы и их отражение в формах и функциях зданий. Культура кочевников является основой традиционной архитектуры Кыргызстана. Кочевой образ жизни народа продиктовал создание круглой конструкции с деревянным каркасом и покрытием из войлока — юрты. Круглая форма юрты прекрасно адаптирована к не простым климатическим условиям, особенно привлекательным

является ее легкость и функциональность. В Кыргызстане во многих зданиях советской эпохи появились монументальные, функциональные здания, в стиле конструктивизма и позднего модернизма, что повлияло на городскую застройку Бишкека. Резко континентальный климат КР заставляет современные здания адаптироваться под него, что отражается в выборе материалов (камень, стекло, бетон) и, конечно, с учетом экосистемных факторов и устойчивости к природным катаклизмам.

Архитектура Литвы уходит корнями в европейскую традицию, начиная с готики и заканчивая ренессансом. В архитектуре Кафедрального собора в Вильнюсе наблюдаются элементы этих стилей. Стремление к духовности и возвышенности отражаются в готических элементах. Популярность барокко и классицизма в архитектуре Литвы объясняется влиянием католической церкви и польское - литовской традиции. В монастырях, дворцах и церквях изогнутые линии, колонны подчеркивают величие и пышность. Утилитарные и монументальные здания Литвы были подвержены влиянию советского конструктивизма и сталинского ампира в период окончания второй мировой войны. Культурные запросы кыргызского общества, природные условия и рельеф ориентируют функциональную направленность архитектуры страны. Архитектура Литвы демонстрирует связь между национальной идентичностью и европейской культурой. Влияние различных исторических и культурных факторов на архитектурные традиции Кыргызстана и Литвы, отражают особенности каждой страны в их функциях и формах.

Сравнительный анализ архитектуры объектов.



Рисунок 1 - База колонны театра оперы и балета

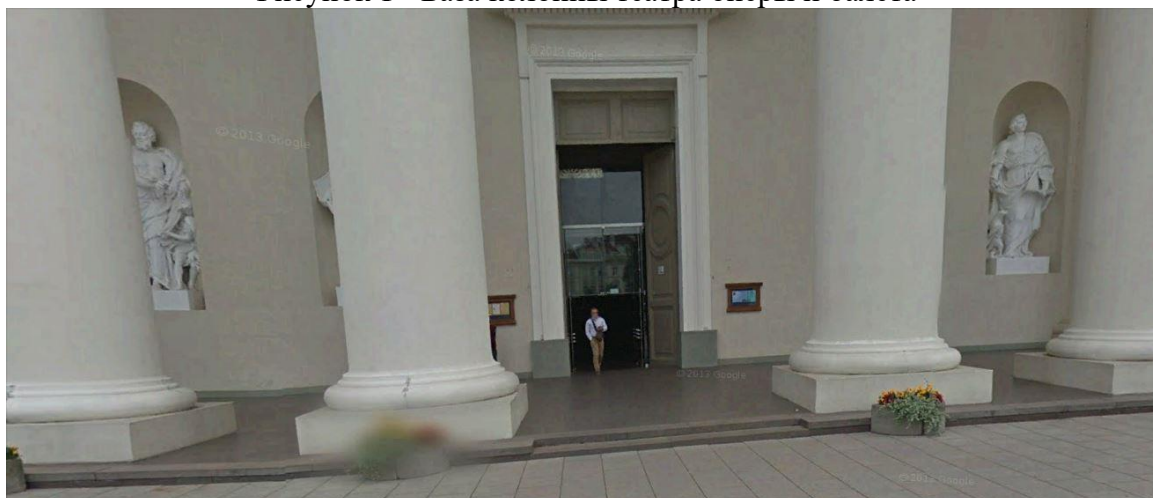


Рисунок 2 - База колонны Кафедрального собора

База колонны	Бишкек – Театр оперы и балета	Вильнюс – Кафедральный собор
Форма базы	Массивная, ступенчатая, восьмигранная	Без ордерных деталей, возможен орнамент
Профилирование	Простые скосы и геометрия	Чёткая классическая форма (торус + сколия)
Материал	Гранит красный	Штукатурка по камню (имитация мрамора)
Декор	Без ордерных деталей	Штукатурка по камню (имитация мрамора)
Общее впечатление	Без ордерных деталей	Лёгкость, классическая красота



Рисунок 3 - Колонна театра оперы

Ствол колонны Бишкек – Театр оперы и балета
Материал Мрамор с плитами и швами
Форма Гранёная

Видимость швов Хорошо заметные швы между плитами

Стиль колонны Более пышный, коринфский
Общее Богатство и декоративность
впечатление

Рисунок 4 - Колонна Кафедрального собора

Вильнюс – Кафедральный собор
Гладкая штукатурка или монолит
Круглая

Нет швов

Простой, дорический
Классическая строгость



Рисунок 5 - Капитель театра оперы и балета

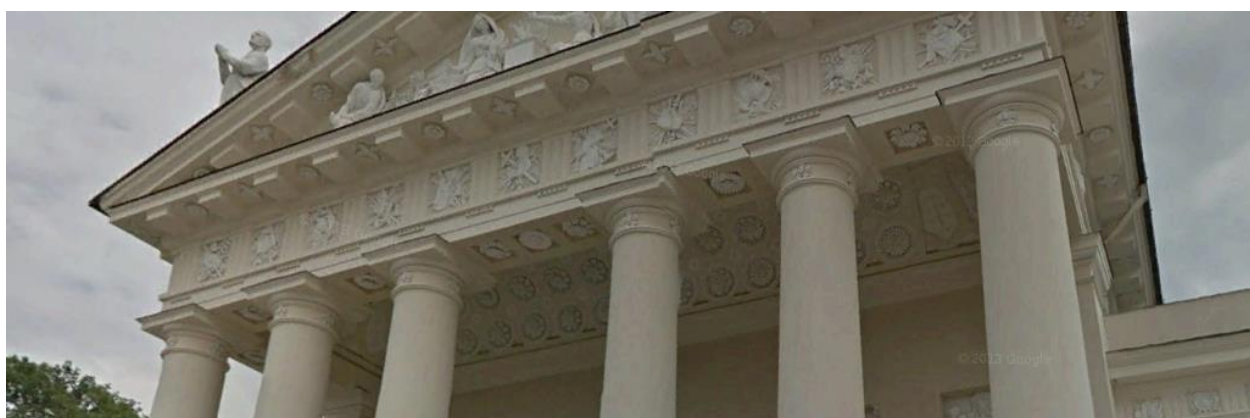


Рисунок 6 - Капитель Кафедрального собор

Капитель	Бишкек – Театр оперы и балета		Вильнюс – Кафедральный собор	
Ордер	Коринфский ордер		Дорический (с элементами тосканского)	
Форма капители	Богато украшенная, с акантовыми листьями и завитками (волютами), типично для коринфского стиля		Простая и массивная, без декоративных деталей, что характерно для дорического или тосканского стиля	
Декор	Многоуровневая резьба, спиральные завитки, декоративные листья, высокая детализация		Отсутствие растительного орнамента, лаконичность форм	
Впечатление	Элегантность, пышность, театральность		Сдержанность, строгость, монументальность	



Рисунок 7 - Фасад театра оперы и балета в Бишкеке



Рисунок 8 - Фасад Кафедрального собора в Вильнюсе

Фасад	Бишкек — Театр оперы и балета	и	Вильнюс — Кафедральный собор
Стиль	Советский неоклассицизм с элементами соцреализма	с	Чистый классицизм с элементами барокко
Композиция фасада (по плану)	Чёткая, с портиком и колоннадой.	и	Плоская, массивная, со сложным объёмом.

Материал фасада	Мраморные облицовки колонн, розовая штукатурка стен	Камень, оштукатуренные и окрашенные в белый цвет поверхности
Форма колонн	Коринфские колонны (детально проработанные капители)	Дорические колонны (строже, проще)
Украшение фронтона	Рельефы с символикой СССР (серп и молот, венки, знамёна) и скульптуры	Рельефы библейских сцен, скульптуры святых
Скульптурное оформление	Скульптуры рабочих, крестьян и интеллигенции	Скульптуры христианских святых, аллегорических фигур
Функция здания	Светский объект культуры (театр)	Религиозное здание (кафедральный собор)
Атмосфера	Официальная, торжественно-гражданская	Духовная, сакральная

Выводы: на фасаде Кафедрального собора в Вильнюсе наблюдается принцип характерный для классицизма - **гармония и симметрия**. Фасад имеет **четкую горизонтальную разбивку**: цоколь, колоннада, антаблемент, фронтоны. **Соотношения** ширины и высоты колонн, как и высоты портика, соответствуют **каноническим ордерным правилам** (в основном дорический ордер с элементами тосканского). Центральный объем собора доминирует, подчеркивая вертикаль алтарной части и купола. На фасаде театра оперы и балета в Бишкеке применение золотого сечения **менее явно выражено**, чем, например, в классических постройках вроде Вильнюсского собора.

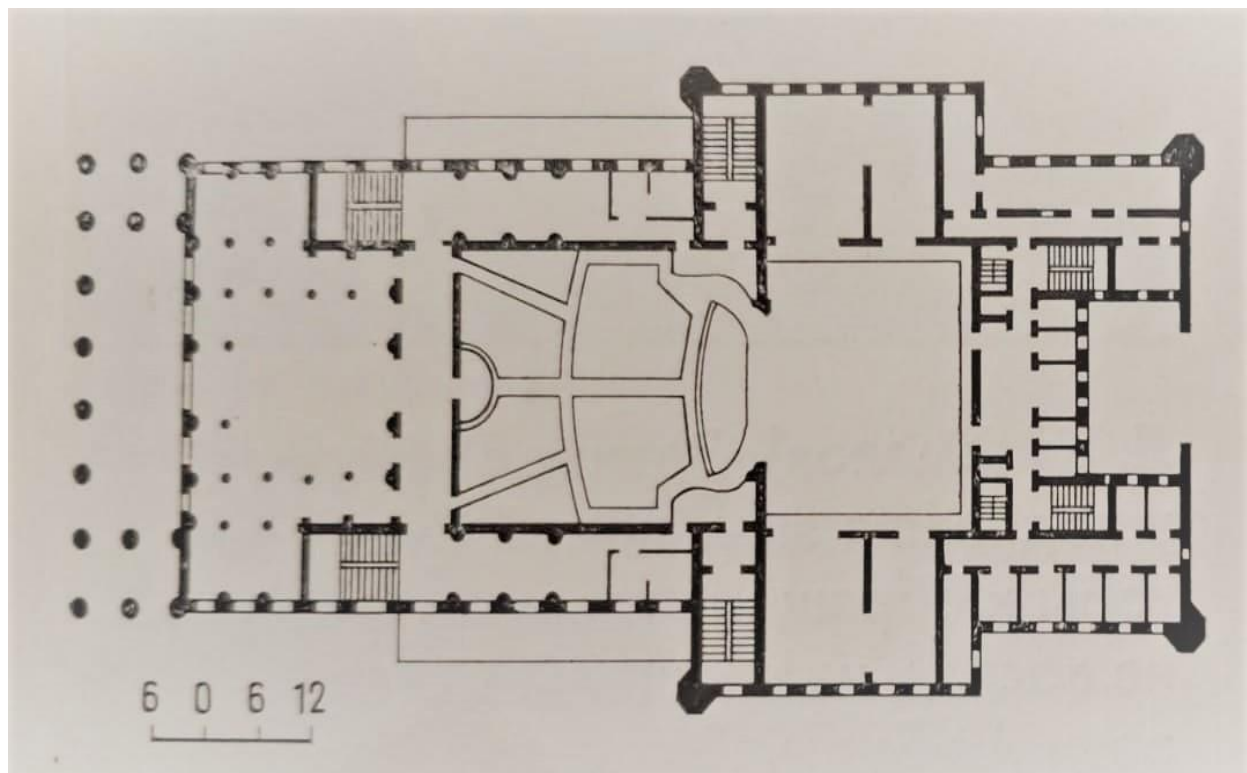


Рисунок 9 - План театра оперы и балета в Бишкек

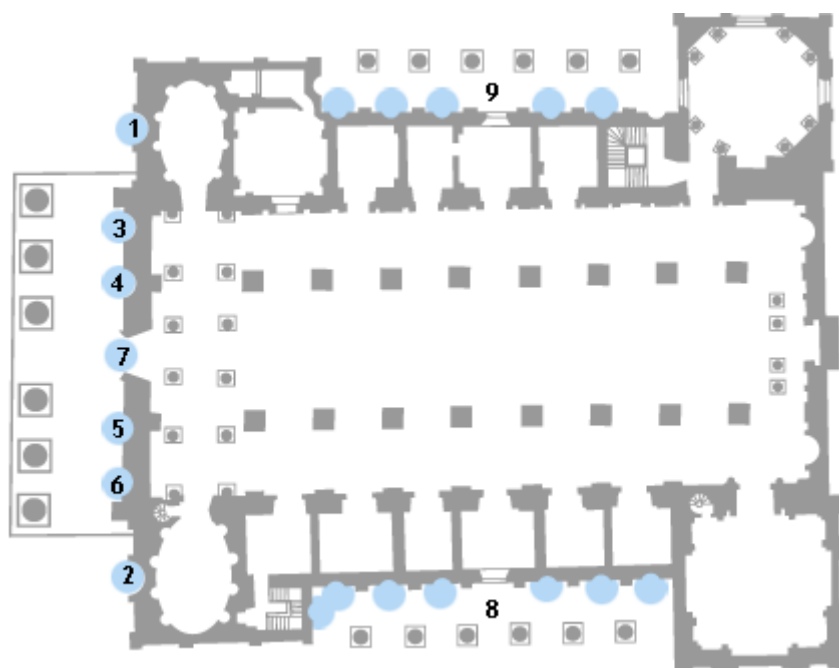


Рисунок 10 - План Кафедрального собора в Вильнюсе

План объекта	Бишкек – Театр оперы и балета	Вильнюс – Кафедральный собор
Общая форма плана	Симметричный прямоугольник с выступами	Базиликальный тип с трёхнефной структурой.
Центральное пространство	Полукруглая сцена + зал в виде веера.	Продолговатый неф с ритмом колонн.
Осевая симметрия	Чётко выраженная симметрия по продольной оси.	Тоже симметрия, но с акцентом на алтарную часть.
Входная зона	Выраженный портик с колоннадой.	Фасад с башнями и колоннами, более «массивный».
Назначение пространства	Зрелищное, театральное.	Культовое, ритуальное.
Зал (основное пространство)	Амфитеатральная форма, трибуны вокруг сцены	Прямоугольная нава с колоннами и капеллами
Функциональные зоны	Разделены: зрительный зал, вспомогательные помещения.	Алтарь, боковые капеллы, притвор.
Основной фокус	Сцена, зрительный зал.	Алтарь и главный неф.
Пространственная динамика	Форма направлена на сцену.	Линейное движение к алтарю.

- **Выводы:** Оба плана симметричны, оба выражают важную для своего назначения ось: у театра — зритель → сцена, у собора — верующий → алтарь. Отличием является то, что театр больше работает с направленным вниманием (фокус на сцену), с функциональной точки зрения театр обладает достаточно четким зонированием, присутствует логистика сцены, гримёрок и фойе. Планировка собора направлена на прохождение движения процессии по нефу. Больше присутствует символичности и «сакральности»



Рисунок 11 - Фронтон театра оперы и балета в Бишкеке



Рисунок 12 - Фронтон Кафедрального собора в Вильнюсе

Фронтон	Бишкек – Театр оперы и балета	Вильнюс – Кафедральный собор
Идеология	Светская, коммунистическая	Христианская, католическая
Скульптурная группа	Рабочие, крестьяне, флаг, семья	Святые, фигура с крестом
Тематика барельефа	Гербоподобная композиция с серпом и молотом	Библейские сцены, жертва, вера
Цветовая гамма	Светлый барельеф на розовом фоне	Однородно светлая (белая или бежевая)
Эмоциональный посыл	Величие народа, прогресс, коллективизм	Смирение, вера, духовное возвышение



Рисунок 13 - Сопоставление высоты скульптур и фронтона Кафедрального собора в Вильнюсе

При всех достоинствах Кафедрального собора нужно отметить присутствие противоречивого в архитектуре, а точнее в архитектурной форме, приведем в пример Кафедральный собор Святого Станислава и Святого Владислава в Вильнюсе (1783г), например, интерьер выполнен в стиле барокко, а главный фасад – это классический портик. Венчающие фронтоны скульптуры составляют две трети высоты колонны, они соперничают по высоте с фронтоном. Профессиональные скульпторы знают, что при установке композиций на фронтонах, необходимо выполнять их соблюдая диспропорциональность. При восприятии скульптуры снизу или на далеком расстоянии при таком подходе скульптура будет зрительно восприниматься гармонично. В данном случае скульпторы пренебрегли этим правилом, вследствие чего фигуры на фронтоне воспринимаются не пропорционально сложенными. Высота скульптур на фронтоне 9 метров, а высота фронтона около 14 метров, что составляет примерно 60% высоты колонны, что довольно много по классическим канонам. В традиционной архитектуре фронтоновые фигуры чаще имеют $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ **высоты колонны**. Тут же — почти $\frac{2}{3}$, что делает фигуры доминирующими. Хотя, возможно это сделано для усиления важности персонажей и сохранением читаемости с площади. Исследование формы и функции в архитектуре можно рассматривать как метааналитическое исследование, сосредоточенное на связанных антропологических и психологических измерениях. Согласно содержательной близости природ дизайна и творчества, особенно в искусстве и архитектуре, применение концепции творчества для объяснения отношения формы и функции представляется логичным [3].

4. Роль культурной и исторической среды в формообразовании. Достоинством и украшением театра оперы и балета являются скульптурные композиции, выполненные скульптором Ольгой Максимилиановной Мануйловой. В 1954 году Мануйловой поручили разработку нескольких статуй на данный объект. Центральная скульптурная композиция олицетворяет молодую Киргизию – молодая, энергичная киргизка, смело идущая в новую страну; слева – молодой юноша – кыргыз, посвятивший себя науке, справа – русский парень – шахтёр, представляющий рабочий класс, в руке которого развевается знамя. Моделью для девушки- киргизки выступила простая девушка из Новосибирска в возрасте 19 лет, которая работала маляром на объекте [4]. Ольга Мануйловой выполнила скульптуры высотой 3,5 метра. Высота колонн составляет 10 метров, что составляет $\frac{1}{3}$ **высоты колонны и соответствует требованиям традиционной архитектуры.**



Рисунок 14 - Скульптурная композиция театра

С точки зрения ожидания общества от театра оперы и балета то в советское время (когда строился театр), опера и балет считались символами высокой культуры, прогресса и просвещения. Архитектура выполняла идеологию советского государства выражая государственную значимость, культурную миссию и открытость публике. С момента установления советской власти в 1917 году партия активно продвигала **научный атеизм** как часть марксистско-ленинской идеологии. Религия рассматривалась как «опиум для народа» и средство угнетения, а потому **архитектура служит народу и государству, а не Богу или духовной элите** [5]. В то же время, многовековые католические традиции и религиозные функции отражены в Кафедральном соборе Святого Станислава и Святого Владислава в Вильнюсе. Общественные ожидания воплощены в культовой архитектуре, которая формирует у посетителя чувства связи с вечными ценностями, стабильности, благоговения. Строгость, символичность, визуальность архитектуры собора соответствуют требованиям и ожиданиям общества. До сегодняшнего дня собор является центром католической духовной жизни Литвы. Ежедневно здесь проводятся **мессы** на разных языках, включая литовский, польский и русский. Службы проходят в часовне Святого Казимира, которая является частью собора.

5. Результат исследований: Оперный театр в Бишкеке является культурным учреждением, предназначенным для сбора широкой публики. Праздничность, открытость, доступность, торжественность демонстрирует этот объект. Символ духовности, сакральность, сохранение религиозных традиций, символизм демонстрирует собор в Вильнюсе. Его архитектура направлена на **величие, строгость, символизм и подчинение вертикали Богу**. Фасад театра подчеркивает **репрезентативность**: широкие ступени, колоннада, симметрия, декоративные элементы, например, маскароны, высокие окна, акротерии, отражающие культурную идентичность и стремление к «академическому» стилю. Фасад собора более **сдержан**, но при этом величественен, с акцентом на **символику** (кресты, ниши, статуи святых), и направлен на **вдохновение благоговения**. Подчеркивая божественную символику здания, скульпторы увеличили размеры святых на фронте для лучшего их обзора с площади. Разные функциональные зоны, рассмотренные в композиции плана, продиктовали разный визуальный ряд при восприятии интерьера – либо фокус на сцену или фокус на алтарь.

Архитектурой называют искусственно созданную материально-пространственную среду, призванную удовлетворять потребности человека, среда, которая одновременно противостоит природе и связывает человека с природой [6]. Архитектура является самым затратным видом искусства, самым дорогостоящим и поэтому длительно существующим, в отличие от живописи, литературы, скульптуры, которые зачастую являются временным явлением и, соответственно плохо сохраняемым. Самые большие материальные затраты используются на строительство сакральных сооружений, церквей, соборов, дворцов правителей поэтому эта архитектура и сохраняется длительное время. Рассматривая

архитектурные здания необходимо понимать язык архитектуры или образно «читать текст», уметь высказываться. Зачастую, рассматривая архитектурную форму мы максимум видим камни, цвет, можем предположить время постройки и не более того. Для понимания архитектуры необходимо постоянное изучение формы из камня, её функции, философии и, конечно необходимы путешествия. В рассуждении о связи между формой и функцией в своей основополагающей работе «Bauen Wohnen Denken» («Строительство, проживание, мышление») Мартин Хайдеггер, немецкий философ-экзистенциалист, предполагает, что «Архитектура — это не просто вопрос утилитарности, но и глубокое влияние на человеческое существование и наше понимание мира. Он подчеркнул, что форму и функцию следует рассматривать как переплетенные и взаимовлияющие аспекты архитектурного дизайна» [7].

Общеизвестно, что изначально самыми выразительными и впечатляющими произведениями архитектуры являлись общественные здания [8].

Возникающие новые концепции, дифференциация принципов формообразования, особенно во второй половине XX века характеризуются стремлением найти новый архитектурный строй, в котором строительный объем и его форма не были бы только простым выражением назначения сооружения [9]. Японский архитектор Тадао Андо говорит: «Архитектура важна тем, что она позволяет архитектору не просто самовыразиться, любое здание, это общественное высказывание». Поэтому любое новое, эффектное общественное здание или дом вызывает обсуждение, споры, согласие или не согласие, поскольку на архитектурное сооружение смотрят большое количество людей, получая при этом эстетическое и интеллектуальное удовольствие.

Выводы: чтобы достигать всё более высоких высот в архитектуре, необходимо серьёзное изучение архитектуры, хотя это многих отпугивает. Действительно, в отличие от других видов искусств, архитектура не умеет развлекать, она не рассказывает занимательные истории, не ищет пикантные развязки. Никакое искусство не властно над людьми так, как зодчество. Архитектура может незаметно отдавать команды, эффективно управляя поведением человека, заставляя его двигаться не только в определенных направлениях, но и в определенном ритме, в желательном темпе и даже в нужной манере [10]. Зодчество властно и над чувствами, и над мыслями, где важную роль играют взаимосвязь формы и функции. Учитывая эту взаимосвязь и применяя новые технологии, архитекторы смогут реализовывать более инновационные и эффективные проекты. Говоря о взаимосвязи функции и формы в современной архитектуре надо всегда говорить о перспективе. Чтобы архитектура процветала через 100 лет необходимо предпринимать шаги уже сегодня. Человеческая цивилизация и технологии в будущем пойдут по некоему новому пути. Как можно сохранить приобретенный опыт проектирования и использовать его в архитектуре будущего. И сохранится ли тесная связь между формой и функцией в будущем? Можно ли уже сегодня проектировать так, чтобы удовлетворить те потребности, которые появятся в будущем?

Как можно проектировать в возможно измененных условиях планеты? Нужно использовать самые лучшие технологии, которые есть уже сейчас и все их объединить. Надо решить, как проектировать если нет инструментов инфраструктуры, нет дорог, нельзя привезти строительное оборудование на стройплощадку. Надо использовать 3д печать и начинать проектирование на основе технологий. Надо отодвигать границы традиционного мышления в области проектирования. Нужно мыслить иначе. Архитектор будущего создает видение на основе использования технологий. Шаг поможет раскрыть разум за пределы традиционных практик. Необходимо будет рассматривать различные вопросы: проблемы растущего населения, повышение урбанизации, как будет производится электроэнергия, как будет выглядеть система общественного транспорта, есть ли абсолютно новый подход в решении вопроса перемещения людей, можно ли улучшить существующие достижения архитектурного проектирования. Необходимо учитывать вопросы экологии, проблемы роста городов, надо изучать вопросы проектирования, чтобы сегодняшние принципы проектирования адаптировались к проектированию будущего. Для проектирования будущих форм архитектуры потребуется команда специалистов из разных областей, например-физики, антропологи, инженеры – конструкторы, социологи, материаловеды в одном архитектурном бюро. Принципы планирования, принципы разработки дизайна при таком

подходе дополняются огромным количеством новых факторов, которые расширяют спектр работы архитектора. Пытаясь решить вопросы обустройства пространства будущего, надо выходить за пределы «красной линии» на чертеже, доводя масштабы работы архитектора до всего мира. Например, меняется подход к решению этажности здания, как создать место, которое будет наполнено огромным количеством людей, которые хотят мигрировать, место, где машины не будут доминировать. Это место, где каждая форма основывается на подобном рода внешних факторах.

Взаимосвязь формы и функции в архитектуре остаётся одной из ключевых тем как в профессиональной практике, так и в образовательных программах. Важным элементом образовательной программы являются различные практики. Обмерная практика — это не просто техническая процедура снятия размеров с объекта. Это ключевой этап формирования архитектурного мышления, когда будущие архитекторы и дизайнеры учатся видеть в форме — функцию, а в каждом элементе — его назначение. Это фундаментальные компетенции для архитектора и дизайнера, позволяющие в будущем **не просто копировать формы**, а создавать новые — осмысленно и целесообразно. Обмерная практика — это первая встреча студента с настоящей архитектурой как системой взаимодействий: формы, функции, среды и человека. Формирование навыков анализа связи формы и функции на этом этапе — важнейшая составляющая профессионального становления. В процессе проведения учебных практик, например, обмерной практики у студентов архитекторов, дизайнеров часто проводятся обмеры театра оперы и балета в Бишкеке. Именно на этой практике студенты ближе соприкасаются с архитектурой, могут потрогать материал, из которого выполнен этот объект. Студенты соприкасаются с историей своей страны на примере классического общественного здания. Сравнительный анализ Театра оперы и балета в Бишкеке и Кафедрального собора в Вильнюсе показал, что архитектурная форма является результатом сложного взаимодействия функциональных требований, культурно-исторического контекста и эстетических приоритетов эпохи.

Список литературы

1. Иконников, А. В. Художественный язык архитектуры [Текст] / А. В. Иконников. — М.: Искусство, 1985.
2. Райт, Фрэнк Ллойд // Википедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Райт,_Фрэнк_Ллойд (дата обращения: 27.06.2025).
3. Hossein, R. A meta-analytical attitude to the form-function relation in architecture using the concept of creativity [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/326792796_A_meta-analytical_attitude_to_the_form-function_relation_in_architecture_using_the_concept_of_creativity (дата обращения: 27.06.2025).
4. Федотова, С. История про скульптуры на здании театра оперы и балета [Электронный ресурс] // SPUTNIK Кыргызстан. — 2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.sputnik.kg/20170926/istoriya-pro-skulptury-na-zdanii-teatra-opery-i-baleta-1035111633.html> (дата обращения: 27.06.2025).
5. Ленин, В. И. Социализм и религия // Новая жизнь. — 1905. — № 28, 3 декабря [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikisource.org/wiki/Социализм_и_религия_\(Ленин\)](https://ru.wikisource.org/wiki/Социализм_и_религия_(Ленин)) (дата обращения: 27.06.2025).
6. Тосунова, М. И. Архитектурное проектирование [Текст] / М. И. Тосунова. — М.: Архитектура-С, 1978.
7. Хайдеггер, М. Строить. Жить. Мыслить [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/doc/112368923/Martin-Heidegger-Bauen-Wohnen-Denken> (дата обращения: 27.06.2025).
8. Рожин, И. Е. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений [Текст] / И. Е. Рожин, А. И. Урбах. — М.: Стройиздат, 1985.
9. Станькова, Я. Тысячелетнее развитие архитектуры [Текст] / Я. Станькова, И. Пехар. — М.: Стройиздат, 1984.
10. Кавтарадзе, С. Анатомия архитектуры. Семь книг о логике, форме и смысле [Текст] / С. Кавтарадзе. — М.: Ломоносов, 2015.

К.В. Галимзянова

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика
ORCID: 0009-0007-3647-6421

K.V. Galimzyanova

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
e-mail: karinashka@mail.ru

ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ТРАДИЦИЙ: РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО ЮВЕЛИРНОГО ИСКУССТВА В КЫРГЫЗСТАНЕ

ТРАДИЦИЯЛАРГА ЖАҢЫ КӨЗ КАРАШ: КЫРГЫЗСТАНДА ЗАМАНБАП ЗЕРГЕРДИК ӨНӨРДҮ ӨРКҮНДӨТҮҮ

RETHINKING TRADITIONS: DEVELOPING CONTEMPORARY JEWELLERY IN KYRGYZSTAN

Кыргызстандын зергерчилик искусствосу 1970-жылдардан баштап, кол өнөрчүлүк салттары профессионалдык мамиле менен толуктала баштагандан бери олуттуу өзгөрүүгө дуушар болгон. Адистештирилген окуу жайларында даярдалган зергер чеберлердин келиши жаңы багыттын – кол өнөрчүлүктөн автордук дизайнга чейинки өнүгүүнүн маанилүү этабы болуп калды.

Бүгүнкү күндө кыргыз зергерчилигинде үч негизги тенденцияны бөлүп көрсөтүүгө болот: салттуу мектеп, этникалык стил жана заманбап автордук (авангард) стили. Алардын ар бири улуттук маданий мурастарды - символдорду, формаларды жана материалдарды колдонуу менен өз алдынча чечмелешет. Бирок, дал ушул дизайн тармагындагы билим усталарга байыркы үлгүлөрдү кайра жаратуу менен чектелбестен, салттар менен инновацияларды айкалыштырган оригиналдуу эмгектерди жаратууга түрткү берүүчү күчкө айланган.

Макаланын корутундуларында буюмдарды долбоорлоо жана көркөм куруу жаатындагы заманбап билим берүү салтка каршы эмес, аны аң-сезимдүү кайра ой жүгүртүүнүн жана көркөм улантуусунун куралы болуп калгандыгы баса белгиленет.

Түйүндүү сөздөр: Кыргызстандын зергерчилик искусствосу; элдик салттар; этникалык стили; кол өнөрчүлүк практикасы; көркөм мурас; маданий иденттүүлүк; искусство билими.

Ювелирное искусство Кыргызстана пережило значительную трансформацию начиная с 70-х годов XX века, когда ремесленные традиции стали дополняться профессиональным подходом. Приезд художников-ювелиров, обученных в специализированных учебных заведениях, стал важным этапом в становлении нового направления — от ремесла к авторскому дизайну.

Сегодня в кыргызском ювелирном искусстве можно выделить три ключевых направления: традиционная школа, этнический стиль и современный авторский (авангардный) стиль. Каждое из них по-своему интерпретирует национальное культурное наследие, используя символику, формы и материалы. Однако именно образование в области дизайна стало движущей силой, позволившей мастерам не только воспроизводить традиционные формы, но и создавать оригинальные произведения, сочетающие традиции и инновации.

Выводы статьи подчеркивают, что современное образование в сфере дизайна и художественного конструирования изделий не противопоставляется традиции, а

становится инструментом её осознанного переосмысления и художественного продолжения.

Ключевые слова: ювелирное искусство Кыргызстана; народные традиции; этнический стиль; ремесленные практики; художественное наследие; культурная идентичность; художественное образование.

The jewelry art of Kyrgyzstan has undergone a significant transformation since the 1970s, when craft traditions began to be supplemented by a professional approach. The arrival of jewelry artists trained in specialized educational institutions became an important stage in the development of a new direction - from craft to author's design.

Today, three key trends can be distinguished in Kyrgyz jewelry art: traditional school, ethnic style and modern author's (avant-garde) style. Each of them interprets the national cultural heritage in its own way, using symbols, forms and materials. However, it was education in the field of design that became the driving force that allowed craftsmen not only to reproduce ancient samples, but also to create original works that combine traditions and innovations.

The conclusions of the article emphasize that modern education in the field of design and artistic construction of products is not opposed to tradition, but becomes an instrument for its conscious rethinking and artistic continuation.

Key words: jewelry art of Kyrgyzstan; folk traditions; ethnic style; craft practices; artistic heritage; cultural identity; art education.

Введение. Современное ювелирное искусство Кыргызстана представляет собой сложный и многослойный феномен, в котором переплетаются народные традиции, профессиональные художественные практики и индивидуальные авторские поиски. За последние десятилетия в республике сформировалась целая плеяда мастеров, работающих в разных стилях, но сохраняющих устойчивую связь с историческим наследием. Эта преемственность особенно значима в условиях глобализации и нарастающей культурной унификации, когда обращение к национальным корням становится не только актом сохранения идентичности, но и способом художественного самоопределения.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью осмысления процессов трансформации традиционных форм в современной художественной практике. Ювелирное искусство как визуально-материальный носитель культуры особенно чувствительно к изменениям в социокультурной среде. Оно передаёт не только эстетические предпочтения эпохи, но и глубинные ценностные установки общества. В условиях активного развития системы художественного образования и роста интереса к дизайну как самостоятельной дисциплине, наблюдается устойчивый интерес молодых художников-ювелиров к национальной культуре как источнику визуальных и смысловых образов.

Настоящее исследование направлено на осмысление этапов формирования современного ювелирного искусства Кыргызстана с позиций его стилистической дифференциации, культурной преемственности и художественного новаторства. Методологическая база исследования опирается на визуально-стилистический анализ произведений, сравнительный подход, а также методы полуструктурированного интервью и контент-анализа. Источниковую базу составили фонды каталоги Кыргызского национального музея изобразительных искусств им. Гапара Айтиева [1-3], выставочные проекты Союза художников Кыргызской Республики [4-6], публикации исследователей, в том числе труды К. Антипиной [7-9], Е. Маховой [9], Е. Ермаковой [10], А. Ибрагимова [11], материалы, предоставленные самими мастерами-ювелирами а также каталоги ювелирной продукции, размещённые в открытом доступе в Интернет-ресурсах компаний «Кыргызалтын» [12], «Опал» и ювелирного дома «Келдик» [13].

Исторические предпосылки развития профессионального ювелирного искусства в Кыргызстане. До начала XX века ювелирное искусство на территории современного

Кыргызстана развивалось как неотъемлемая часть традиционной культуры, существовавшей в рамках традиционного народного ремесла, передававшегося от отца к сыну. В редких случаях мастерство мужа могла наследовать жена. Чужих в обучение не брали.

Основным материалом служило серебро, а украшения выполнялись вручную с применением таких техник, как чеканка, гравировка, зернь, филигрань, инкрустация кораллом, бирюзой, перламутром. Ювелирные изделия носили не только декоративный характер, но и ритуальный, сакральный, и социальный: будучи неотъемлемой частью национального костюма, они обозначали возраст, статус, семейное положение, принадлежность к роду или региону.

В рамках традиционной культуры ремесло развивалось в тесной связи с образами природы, кочевой мифологией, обрядовой практикой. Символика украшений представляла собой визуальный язык, понятный внутри традиционной культуры и выполнявший функции защиты, идентификации, передачи духовного содержания. Подробно мы описывали это в своем предыдущем исследовании [14].

Однако в начале XX века происходит перелом, связанный с изменением социально-исторической парадигмы. В условиях советской модернизации начинается повсеместная замена традиционного костюма на фабричную одежду, унифицированную по крою и внешнему виду. Аналогичные процессы происходят и в ювелирной сфере: ручные изделия постепенно уступают место фабричным украшениям массового производства, ориентированным на общесоюзную моду. Традиционные формы, насыщенные символикой и ритуальной функцией, воспринимаются как устаревшие, а местные украшения начинают утрачивать свою значимость в глазах самих носителей культуры.

Этот процесс сопровождается утратой сакральных смыслов. Украшения, ранее выполнявшие роль амулетов, символов статуса, принадлежности к роду и возрастной группе, начинают восприниматься исключительно как декоративные элементы. Орнаментальные структуры теряют понятный визуальный язык, их символика становится неактуальной, а роль күмүш уста обесценивается в контексте новой индустриальной эстетики. Ювелирное ремесло утрачивает институциональную поддержку и оказывается на периферии культурной жизни.

В отдельных семьях мастеров сохранялась преемственность ремесленной традиции. В них ювелирное мастерство продолжало передаваться по линии наследования — от отца к сыну. Однако масштабы такого производства были невелики, мастера работали по заказу (чаще всего это была починка или переплавка старых изделий), или изготавливали мелкие изделия сувенирного типа. Эти предметы, как правило, копируют традиционные формы, но в упрощённом виде и без прежнего символического наполнения. Таковы работы А.Кыскараева, хранящиеся в коллекции Кыргызского национального музея изобразительных искусств им. Г.Айтиева, и датируемые серединой XX в. Подробно состояние ремесленного мастерства в 1950-х гг. описывают в своих исследованиях [9. С. 96-122], К Антипина [8. С. 131-143].

Таким образом, 1970-е годы стали точкой отсчёта нового этапа, ознаменованного появлением в Республике художников-ювелиров, получивших профессиональное художественное образование в специализированных учебных заведениях за пределами Кыргызстана. Среди пионеров — Л. Поджидаева, В. Бубликов, В. Величко. Эти мастера внесли в местную практику элементы художественного мышления, свойственные студийной и выставочной культуре советского искусства. Их деятельность знаменовала переход от традиционного ремесла к авторскому подходу, основанному на эстетическом эксперименте, индивидуальном стиле и поиске новых форм (*рис. 1*).



Рисунок 1 - Комплекты В.Бубликова (слева) и В.Величко (справа) из собрания КНМПИ им. Г.Айтиева

На уровне Союза в 1970–80-е годы наблюдается рост интереса к декоративно-прикладному искусству в целом, в том числе к ювелирному направлению. Это проявилось в организации экспериментальных выставок, круглых столов и публикации критических статей в профильных изданиях, таких как журналы «Декоративное искусство СССР» и «Творчество». В этих дискуссиях поднимались вопросы о роли ювелира как художника, проблемах преемственности, необходимости отхода от массового фабричного производства в сторону индивидуального творчества.

Практически все аналитики того времени фиксировали разделение советского ювелирного искусства на промышленное и авторское. Если первое развивалось в рамках ювелирных заводов, то второе становилось частью художественного процесса — с выставками, конкурсами, творческими группами. Именно в авторских произведениях отражались поиски новых выразительных средств, интерес к национальным формам, мифопоэтике и архаике. При этом мастерство оставалось важнейшей составляющей, а техника исполнения зачастую превосходила промышленный уровень.

Для кыргызского контекста особенно важно отметить, что республика в советское время не имела собственной ювелирной промышленности, и ближайшее производство находилось в Ташкенте. Это обстоятельство с одной стороны сдерживало развитие массового ювелирного производства, но с другой — создавало нишу для индивидуального творчества и выставочной практики. Участие кыргызских мастеров в союзных художественных проектах, поддержка со стороны Художественного фонда, активная работа в мастерских при Союзе художников — всё это позволило им не только развиваться профессионально, но и формировать собственный художественный язык.

Таким образом, исторические предпосылки формирования профессионального ювелирного искусства в Кыргызстане — это сочетание влияния общехудожественных процессов в СССР, прихода подготовленных мастеров в республику и постепенного институционального оформления ювелирного направления как части изобразительного искусства. Эти факторы заложили основу для последующего переосмысления традиций и возникновения авторских школ и направлений, сохранивших связь с культурным наследием, но вышедших за рамки ремесленного воспроизводства.

Художники-ювелиры Кыргызстана 1970–1990-х гг.: вклад в становление авторского направления. Период с начала 1970-х до конца 1980-х годов стал временем становления и расцвета профессионального ювелирного искусства в Кыргызстане. Именно в эти десятилетия в республике формируется сообщество художников-ювелиров, активно

участвующих в союзных и республиканских выставках, работающих в мастерских Художественного фонда и формирующих коллекцию, вошедшую в собрание Кыргызского национального музея изобразительных искусств им. Г. Айтиева.

Первопроходцами нового подхода стали Виктор Сырнев и Шамиль Даирбеков, начавшие выставочную деятельность в начале 1970-х годов. За ними последовали Поджидаева Лидия, Величко Анатолий, Бубликов Александр, а также творческие семейные дуэты — Александр и Любовь Жемчуговы, Валерий и Надежда Руппель. Эти художники, многие из которых имели художественное образование, полученное за пределами республики, привнесли в ювелирное искусство Кыргызстана элементы станковой культуры, авторского почерка и профессионального дизайна (Рис.2).

Творчество этих мастеров не ограничивалось копированием этнографических форм — напротив, оно отличалось глубоким художественным переосмыслением традиционных символов, стилизацией национальных мотивов и смелыми экспериментами с материалами и композициями. Художники свободно интерпретировали орнаментальные формы, стремились к образности и пластической выразительности, приближая ювелирные изделия к произведениям декоративного искусства.

Работа в Художественном фонде обеспечивала устойчивую материальную основу, позволяя мастерам развивать собственный стиль и участвовать в выставках. Государственная система заказов давала возможность авторам реализовывать крупные проекты, при этом сохранялась высокая планка качества — за исполнением тщательно следили, что способствовало профессиональному росту.

Именно в этот период появляются первые альбомы и публикации, фиксирующие авторские произведения советских ювелиров. Среди них особенно значим альбом «Советские художники-ювелиры» (1980), где были представлены работы мастеров из всех союзных республик, включая Кыргызстан. Этот альбом позволяет рассматривать творчество кыргызских ювелиров в сравнительном контексте, подчеркивая, как общие тенденции, так и региональные особенности.

Таким образом, 1970–1990-е годы стали ключевым этапом, когда на основе традиционного ремесленного наследия, в условиях институциональной поддержки и профессионального художественного образования сформировалась уникальная школа кыргызского авторского ювелирного искусства, открывшая путь к новым художественным поискам и стилевому разнообразию.

Трансформация традиций: стилистическое развитие ювелирного искусства в постсоветский период. Распад Советского Союза и переход к рыночной экономике в 1990-е годы кардинально изменили условия существования ювелирного искусства в Кыргызстане. Отсутствие государственной поддержки, свертывание системы государственных заказов и сокращение выставочной активности стали вызовами для художников-ювелиров. В результате многие мастера были вынуждены сменить профессию, покинуть страну или перейти на индивидуальное изготовление украшений под заказ.

Часть художников переключилась на работу с другими материалами, более доступными в новых условиях. Например, Валерий Руппель отошел от ювелирного искусства и стал работать с войлоком (рис. 3). Другие мастера, как Жемчуговы, сохранили ювелирную практику, но сосредоточились на индивидуальных заказах. Некоторые — например, Величко — эмигрировали. Художественная среда утратила системность и поддержку, а музеи перестали приобретать новые произведения, что привело к застою в формировании музейных коллекций.



Рисунок 2 - Авторские работы В. Руппеля из собрания КНМПИИ им. Г.Айтиева

Тем не менее, отдельные художники не только сохранили свою активность, но и вышли на новый уровень. Примером служит Виктор Сырнев, чья деятельность в постсоветский период стала связующим звеном между поколениями и художественными школами. Он не только продолжил активное участие в международных выставках, но и стал инициатором и куратором крупных художественных проектов, таких как «Восток–Запад. Диалоги» и «Встречи в волшебном саду» [15]. Эти проекты открыли кыргызскую художественную сцену для международного диалога, позволив зрителям познакомиться с произведениями ювелиров из Европы, Америки и Восточной Азии, а также способствовали обновлению музейных фондов за счёт даров участников.

Параллельно начался процесс становления новых форм ювелирного производства. Появились частные ювелирные дома, такие как «Келдик», «Victor» и компании «Алтын» и «Опал», в которых стали востребованы художники-дизайнеры (рис.4). Эти структуры стали альтернативой государственной системе, предложив ювелирам возможность творческой самореализации в условиях рыночной экономики.



Продукция Кыргызалтын



Продукция «Келдике»



Продукция компании «Опал»

Рисунок 4 - Продукция ювелирных компаний Кыргызстана 2025 г.

Таким образом, несмотря на кризисные явления и утрату ряда связей с прежней художественной системой, постсоветский период стал временем переосмысления традиций и постепенного институционального обновления. Новые условия требовали от художников не только профессионализма, но и адаптивности, умения сочетать элементы традиционной культуры с требованиями современного рынка и глобального художественного контекста.

Современные направления в ювелирном искусстве Кыргызстана. Современное ювелирное искусство Кыргызстана отличается богатым стилевым спектром, в основе которого — переосмысленное отношение к национальной традиции. Сегодня можно выделить три устойчивых направления, транслирующих национальные формы и традиции, каждое из которых имеет свои принципы, эстетические установки и художественные задачи: традиционную школу, этнический стиль и авторский (авангардный) подход.

Традиционная школа. Мастера этого направления ориентируются на воспроизведение форм и декора старинных кыргызских украшений. В их работах сохраняется традиционная структура изделия, используются проверенные техники (ковка, зернь, чернь, инкрустация), а также привычные материалы — серебро, полудрагоценные камни, коралл.

Целью такого подхода является сохранение и передача ремесленного наследия, восстановление забытых форм и элементов. Часто мастера работают по музейным образцам, стремясь к максимально достоверной реконструкции. Несмотря на ограниченность новаторских решений, этот стиль остается важным источником визуальной и технической преемственности. Он играет ключевую роль в сохранении этнокультурной памяти и воспитании нового поколения ювелиров, особенно в рамках ремесленных школ и центров народного творчества. Ярким представителем этого направления является Сооронбаев Ш. (Рис. 5).

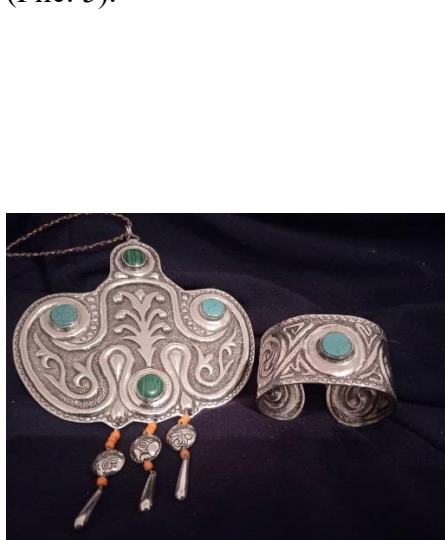


Рисунок 5 - Авторские работы Ш.Сооронбаева

Этнический стиль. Это направление стремится создать узнаваемый визуальный образ, апеллирующий к национальной культуре в целом. Мастера используют архаические символы, элементы орнамента и формы, характерные для кыргызского наследия, но при этом не следуют строго музейной точности. Этнический стиль предполагает стилизацию, художественное обобщение и иногда синтез с другими культурными кодами. Представителями этого направления выступают Т. Чентемиров и А.Аттокуров (Рис. 6).

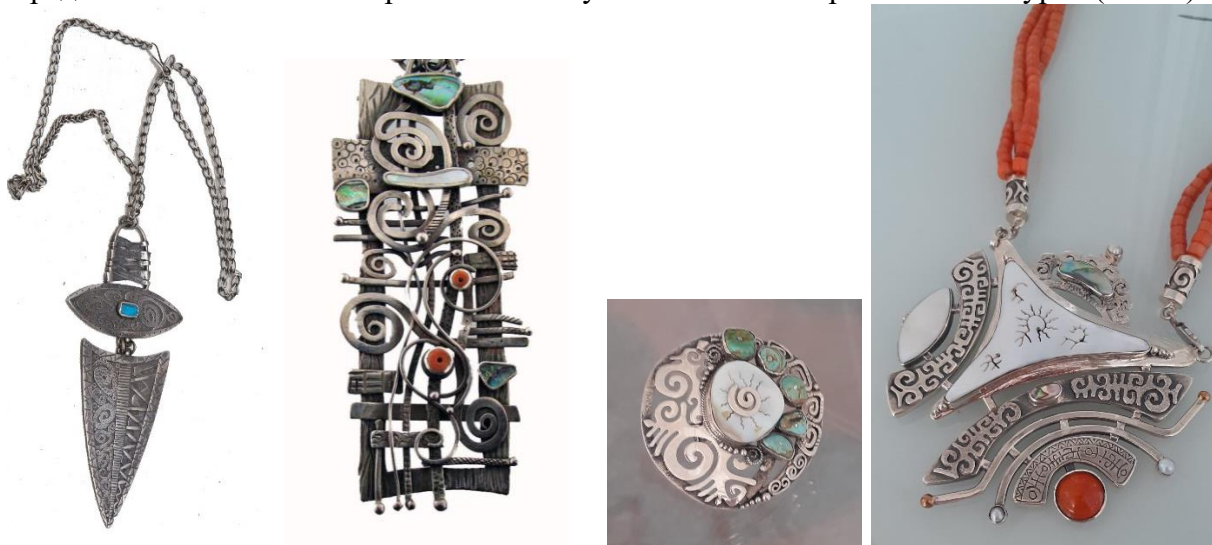


Рисунок 6 -Авторские работы Т.Чентемирова из собрания КНМИИ им. Г.Айтиева (слева) и А.Аттокурова фото с выставки СХ КР 2024 г. (справа)

Типичным для этого стиля является использование природных материалов (дерево, кожа, рог, камень) в сочетании с металлами. Он активно используется в сувенирной и презентационной продукции, а также в коллекционных изделиях, призванных транслировать «национальный образ» за пределы страны.

Этнический стиль занимает промежуточную позицию между традиционным воспроизведением и свободной художественной интерпретацией. Он гибок, адаптируем, легко читаем и потому находит широкое применение в дизайнерской среде, в том числе среди молодых авторов.

Авторский (авангардный) стиль. Наиболее свободное и концептуальное направление, основанное на индивидуальном восприятии художником-ювелиром культурного наследия. Здесь традиция выступает не как образец для копирования, а как источник смыслов, визуальных ассоциаций, эмоциональных и символических импульсов. Работы в этом стиле отличает высокая степень художественной свободы, эксперимент с формой, материалом и технологией.

Авторы могут сознательно отказываться от традиционных техник, сочетать ювелирные элементы с неожиданными материалами, внедрять инсталляционные и перформативные практики. Визуальная отсылка к национальной культуре может быть минимальной, но смысловая глубина часто уходит в архетипы, мифологемы, культурные пласты, понятные только в контексте кыргызского мировоззрения.

Именно авторский стиль стал продолжением лучших поисков 1980-х годов, сохранив ориентацию на художественное новаторство. Он также оказался наиболее востребован в международных проектах и выставках, что подтверждает его потенциал как универсального языка визуального выражения в глобальной художественной среде. Представителем данного направления является В.Сырнев, стоявший у истоков профессионального ювелирного искусства Кыргызстана и поднявший его на качественно новый уровень. Обладатель множества международных наград, работы которого хранятся во многих музеях мира. Его работы сочетают в себе ювелирную изысканность и скульптурную пластичность. Отталкиваясь от народных образов, художник качественно перерабатывал их,

трансформируя в совершенно неожиданные произведения. Таковы его работы: «Женщина в Элечеке», «Невеста кочевника», «Жемчужная колесница» (Рис. 7) [16].

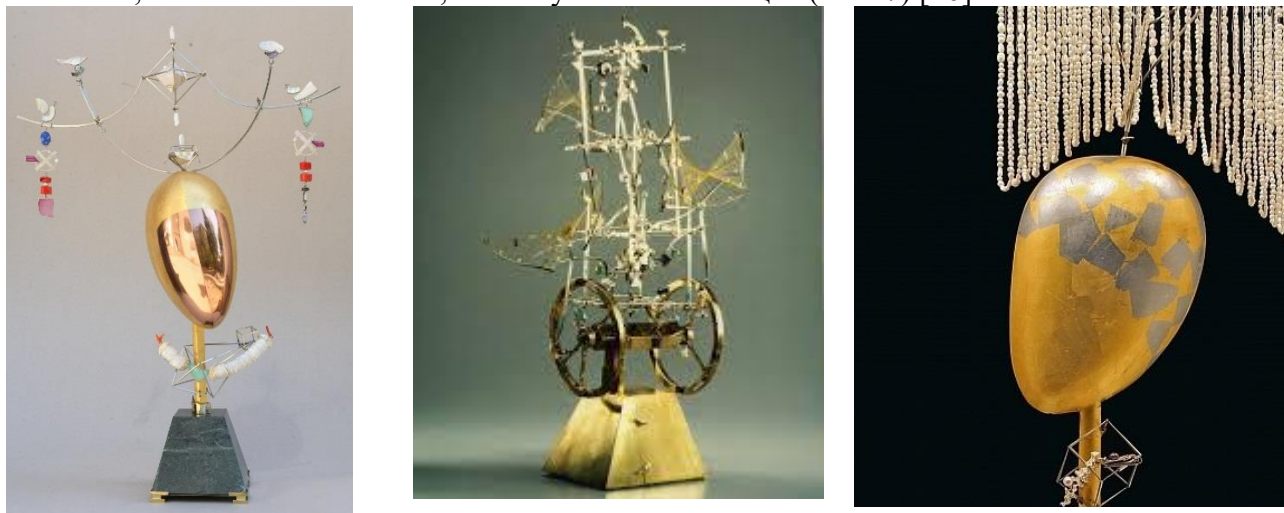


Рисунок 7 - Авторские работы В.Сырнева (слева направо) «Невеста кочевника», «Жемчужная колесница», «Женщина в Элечеке» с сайта художника

Как уже отмечалось выше, помимо творческой активности, В.Сырнев большое внимание уделял выведению ювелирного искусства Кыргызстана на международную арену через выставочные проекты и конкурсы, организацией которых он занимался лично. С его уходом в 2019 году, ювелирное сообщество Кыргызстана лишилось своего идейного вдохновителя, однако его богатое наследие продолжает жить в сохранившихся произведениях и в самой традиции, которую он заложил. Имя В.Сырнева стало символом высокого профессионализма, художественной смелости и культурной ответственности. Его творчество служит связующим звеном между национальной идентичностью и универсальным художественным языком, способным говорить со зрителем без слов, на глубинном уровне эстетического восприятия.

Заключение. Ювелирное искусство Кыргызстана прошло путь от традиционного ремесла к современному авторскому художественному высказыванию, оставаясь при этом глубоко укоренённым в национальной культуре. Оно стало не только формой художественного выражения, но и средством сохранения и трансформации культурной идентичности.

Сегодня в этом направлении активно сосуществуют и развиваются три эстетические модели: традиционная, этническая и авторская, каждая из которых по-своему осмысляет прошлое и отвечает на вызовы настоящего. Центральную роль в этом процессе продолжает играть художественное образование, формируя не только профессиональные навыки, но и критическое, свободное мышление. Именно это позволяет художникам использовать традицию не как догму, а как живой источник вдохновения.

Опыт выдающихся мастеров, таких как Виктор Сырнев, продемонстрировал, что национальная форма может быть успешно интегрирована в глобальный художественный контекст, не утратив при этом своей аутентичности. Его пример стал ориентиром для будущих поколений, показав, как органично можно соединить ремесленную изысканность, скульптурную выразительность и культурную глубину.

Таким образом, современное ювелирное искусство Кыргызстана — это не просто форма декоративного творчества, а полноценный художественный феномен, открытый для диалога между традицией и современностью, между локальным и глобальным, между памятью и инновацией.

Список литературы

1. КГМИИ. Каталог новых поступлений 1975 г. Фрунзе. 1976. – 31 с.
2. Кыргыз мамлекеттик сүрөт искусствосунун музейи: [Альбом]/ Редкол.: К.Н.Усубалиева, С.А. Асанбеков, А.С. Мельникер, ж.б.; Баш сөздүн авт. К.Н.Усубалиева; Түз.: М.Акынбекова, Т.П. Попова, С.С.Шабазова. – Ф.: Кыргызстан, 1985. – 240 бет, ил.
3. Кыргызский национальный музей изобразительных искусств им. Г.Айтиева. Алтын казына [Альбом]. / Сост. Ч.С. Даниярова, М.Б. Акынбекова, Т.П.Попова, Л.П.Гузева, Л.Д.Цикалова, под ред. Г.И. Токтосуновой. – Бишкек: 2005. – 336 с. – ISBN 9967-22-566
4. Каталог Первой республиканской выставки народного прикладного искусства, посвященной 40-летию Республики и Компартии Киргизии. – Фрунзе: Министерство культуры КССР. – 1966.- 48 с.
5. Республиканская художественная выставка, посвященная 50-летию образования Киргизской ССР и Компартии Киргизии. [Каталог]. (Фрунзе, сентябрь-ноябрь 1974 г.). / Сост. Н.Батурина, В.Богданова, Е.Шнырева. Авт. вступ. статьи Л.Прыткова. – Фрунзе: Кыргызстан, Союз художников КР, 1974. – 72 с.
6. Вторая республиканская художественная выставка декоративно-прикладного искусства [Каталог]. (Фрунзе, октябрь - ноябрь 1981 г.) / Сост. Г.И. Сырнева. Авт. вступ. статьи Т.О. Траверсе. Фрунзе, Кыргызстан, 1981. - МК Кирг. ССР, Союз художников КР, КГМИИ. – 16 с.
7. Кыргыздын элдик кенчи [Альбом] / Вст.ст. К.Антипина. – Фрунзе: Кыргызстан, 1974. – 112 с.
8. Антипина К.И. Особенности материальной культуры и прикладного искусства южных киргизов (По материалам, собранным в южной части Ошской области Киргизской ССР) [Текст] / К.И. Антипина. - Фрунзе: Изд-во Академии наук Кирг. ССР, 1962. – 288 с.
9. Абрамзон, С.М., Быт колхозников киргизских селений Дархан и Чичкан [Текст] / С.М.Абрамзон, К.И.Антипина и др. - М.: 1958. (Труды Института Этнографии АН СССР. Новая серия. Т. 37).
10. Ермакова, Е.С. От народной традиции к авторскому ювелирному искусству Средней Азии [Текст] / Е.С.Ермакова // Традиционная культура. 2020. Т. 2. № 2. С. 63–76. DOI: <https://doi.org/10.26158/ТК.2020.21.2.006>
11. Ибрагимов, А.И. Этномодернизм как новое направление ювелирного искусства Казахстана XXI века [Текст] / А.И.Ибрагимов // Вестник КемГУКИ. - 2024. - № 68. С. 217–228. DOI: 10.31773/2078-1768-2024-68-217-228
12. Каталог продукции ювелирного холдинга “Алтын”: [электронный ресурс]. – URL: // (дата обращения:10.06.2025).
13. Каталог продукции ювелирного дома “Келдике”: [электронный ресурс]. – URL: (дата обращения:10.06.2025).
14. Галимзянова К.В. Ювелирные украшения в обрядах жизненного цикла кыргызской женщины в XIX - начало XX вв. [Текст] / К.В.Галимзянова // Научный потенциал – 2023, Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Петрозаводск: 2023. – с.463-471.
15. Западно-Восточные диалоги. Международный культурно-выставочный проект Каталог / составитель В.Сырнев (Бишкек, Алматы, Москва, Стамбул, Тегеран, Сеул, Стокгольм, Барселона. сентябрь – ноябрь 2004 г.). – Бишкек, КНМИИ им. Г.Айтиева, 2004. – 76 с.
16. Сырнев, Виктор Александрович: [сайт]. – URL: (дата обращения:10.06.2025)

Р.А. Шамырканов, Д.Д. Омуралиев
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы

R.A.Shamyrcanov, D.D. Omuraliev
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
aibek.ko@yandex.com

ЭТНОКУЛЬТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЛОГО КВАРТАЛА

ТУРАК ЖАЙ КВАРТАЛЫНЫН ЭТНОМАДАНИЙ ТҮЗҮЛҮШҮ

ETHNOCULTURAL FORMATION OF A RESIDENTIAL AREA

Данное исследование посвящено анализу этнокультурного формирования жилых кварталов в Кыргызстане, где переплетаются традиции кочевого и оседлого населения, а также влияние различных культур и цивилизаций на развитие городской среды. В тексте подробно рассматриваются исторические и культурные предпосылки формирования жилых районов, начиная с кочевых юрт и глинобитных домов, до современных жилых комплексов и кварталов. Отражаются ключевые моменты, такие как сохранение традиционных элементов (внутренние дворы, коллективные общественные зоны) в условиях урбанизации, а также влияние глобальных градостроительных тенденций на архитектуру и планировку. Особое внимание уделено взаимодействию социально-экономических и культурных факторов, которые влияют на современное градостроительство и организацию жилья.

Исследование охватывает различные исторические этапы: кочевое и оседлое жилище до XIX века, развитие русских поселений в период Российской империи, коллективизация и урбанизация в советский период, а также стихийную урбанизацию и развитие частного сектора в постсоветский период. В рамках работы анализируются архитектурные и социальные изменения, произошедшие в жилых кварталах в результате индустриализации и массовой урбанизации, а также попытки сохранить этнокультурные элементы в современных жилых проектах.

Целью исследования является выявление ключевых факторов, влияющих на формирование этнокультурных жилых районов в условиях изменения городского ландшафта, а также оценка возможности интеграции традиционных жилищных форм с современными градостроительными концепциями. Исследование позволяет глубже понять, как этнокультурные традиции и элементы жилищной архитектуры могут быть сохранены и адаптированы в процессе урбанизации, что, в свою очередь, способствует созданию гармоничной, культурно значимой и устойчивой городской среды в Кыргызстане.

Кроме того, работа содержит предложения и рекомендации по улучшению современных градостроительных подходов, с учетом этнокультурных особенностей и необходимости сохранения национальной идентичности в условиях глобализации и устойчивого развития.

Ключевые слова: этнокультурное формирование, жилые кварталы, кочевое население, оседлое население, урбанизация, архитектурные традиции, социальные взаимодействия, градостроительные тенденции, исторические этапы, российская империя, советский период, частный сектор, национальное наследие, городская среда, устойчивое развитие, интеграция традиций и современности.

Бул изилдөө Кыргызстандагы турак жай кварталдарынын этномаданий калыптанышына арналган. Бул жерде көчмөн жана отурукташкан калктын салттары

айкалышып, ар кандай маданияттар менен цивилизациялардын шаардык чөйрөнүн өнүгүшүнө тийгизген таасири каралат. Текстте турак жай аймактарынын калыптанышына таасир эткен тарыхый жана маданий негиздер кеңири баяндалат: көчмөндөрдүн боз үйлөрүнөн жана чоподон салынган үйлөрдөн тартып, заманбап турак жай комплекстери менен кварталдарына чейинки өнүгүү жолдору талданат. Урбанизация шартында салттуу элементтерди (ички короолор, коомдук аймактар) сактоо маселелери, ошондой эле глобалдык шаар куруу тенденцияларынын архитектурага жана пландоого тийгизген таасири баса белгиленет. Ошондой эле заманбап шаар куруу жана турак жайды уюштурууда социалдык-экономикалык жана маданий факторлордун өз ара байланышы өзгөчө көңүл бурууга алынган.

Изилдөө ар кандай тарыхый этаптарды камтыйт: XIX кылымга чейинки көчмөн жана отурукташкан турак жай формалары, Россия империясынын тушундагы орус конуштарынын өнүгүшү, советтик мезгилдеги коллективдештирүү жана урбанизация, ошондой эле постсоветтик мезгилдеги стихиялуу урбанизация жана жеке сектордун өсүшү. Иштин алкагында индустриялаштыруу жана массалык урбанизация натыйжасында турак жай кварталдарында болгон архитектуралык жана социалдык өзгөрүүлөр, ошондой эле заманбап турак жай долбоорлорунда этномаданий элементтерди сактап калуу аракеттери талданат.

Изилдөөнүн максаты – өзгөрүп жаткан шаардык мейкиндик шартында этномаданий турак жай аймактарынын калыптанышына таасир этүүчү негизги факторлорду аныктоо жана салттуу турак жай формаларын заманбап шаар куруу концепциялары менен айкалыштыруу мүмкүнчүлүгүн баалоо. Изилдөө урбанизация процесстеринде этномаданий салттар менен турак жай архитектурасынын элементтерин сактап, аларды ылайыкташтыруунун жолдорун терең түшүнүүгө мүмкүндүк берет. Бул, өз кезегинде, гармониялуу, маданий жактан маанилүү жана туруктуу шаардык чөйрөнү түзүүгө өбөлгө түзөт.

Мындан тышкары, иште заманбап шаар куруу ыкмаларын жакшыртуу боюнча сунуштар жана кеңештер берилген. Алар этномаданий өзгөчөлүктөрдү жана глобалдашуу менен туруктуу өнүгүү шартында улуттук өзгөчөлүктү сактап калуу зарылдыгын эске алуу менен иштелип чыккан.

Түйүндүү сөздөр: этномаданий калыптануу, турак жай кварталдары, көчмөн калк, отурукташкан калк, урбанизация, архитектуралык салттар, социалдык өз ара аракеттенүү, шаар куруу тенденциялары, тарыхый этаптар, Россия империясы, советтик мезгил, жеке сектор, улуттук мурас, шаардык чөйрө, туруктуу өнүгүү, салт менен заманбапты интеграциялоо.

This study focuses on the analysis of the ethnocultural formation of residential neighborhoods in Kyrgyzstan, where the traditions of nomadic and sedentary populations intertwine, along with the influence of various cultures and civilizations on the development of the urban environment. The text provides a detailed examination of the historical and cultural prerequisites for the formation of residential areas, tracing their evolution from nomadic yurts and adobe houses to modern residential complexes and neighborhoods. Key aspects are highlighted, such as the preservation of traditional elements (inner courtyards, communal public spaces) amid urbanization, as well as the impact of global urban planning trends on architecture and layout. Special attention is given to the interaction of socio-economic and cultural factors that shape contemporary urban planning and housing organization.

The study covers various historical stages: nomadic and sedentary dwellings up to the 19th century, the development of Russian settlements during the Russian Empire, collectivization and urbanization in the Soviet period, as well as spontaneous urbanization and the growth of the private sector in the post-Soviet era. The research analyzes architectural and social transformations in residential neighborhoods caused by industrialization and mass urbanization, along with efforts to preserve ethnocultural elements in modern housing projects.

The goal of the research is to identify key factors influencing the formation of ethnocultural residential areas amid changes in the urban landscape and to assess the potential for integrating traditional housing forms with modern urban planning concepts. The study provides deeper insights into how ethnocultural traditions and elements of residential architecture can be preserved and adapted during urbanization, contributing to the creation of a harmonious, culturally significant, and sustainable urban environment in Kyrgyzstan.

In addition, the work offers proposals and recommendations for improving modern urban planning approaches, taking into account ethnocultural characteristics and the need to preserve national identity in the context of globalization and sustainable development.

Key words: *ethnocultural formation, residential neighborhoods, nomadic population, sedentary population, urbanization, architectural traditions, social interactions, urban planning trends, historical stages, Russian Empire, Soviet period, private sector, national heritage, urban environment, sustainable development, integration of tradition and modernity.*

Введение. Этнокультурное формирование жилого квартала играет важную роль в создании комфортной и гармоничной городской среды. В Кыргызстане, где исторически переплетаются традиции кочевой и оседлой культуры, жилые кварталы отражают этническое и культурное многообразие страны. Пространственная организация, архитектурные решения и социальные связи в таких районах формируются под влиянием национальных традиций, бытовых укладов и религиозных особенностей.

Современные жилые кварталы Кыргызстана представляют собой уникальный симбиоз традиционных и современных элементов. С одной стороны, наследие кыргызской юрты проявляется в организации дворовых пространств и принципах соседского взаимодействия, а с другой — в условиях урбанизации появляются новые формы жилья, адаптирующие этнокультурные ценности к современному городскому образу жизни.

В данном исследовании рассматриваются ключевые аспекты этнокультурного формирования жилых кварталов в Кыргызстане, включая архитектурно-планировочные решения, влияние традиционных социальных структур и современные тенденции в градостроительстве.

Этнокультурное формирование жилого квартала в Кыргызстане представляет собой сложный процесс, в котором сочетаются исторические традиции, климатические особенности и современные градостроительные тенденции. Кыргызстан — это страна с богатым культурным наследием, где на протяжении веков переплетались традиции кочевое и оседлого населения, а также влияние различных народов и цивилизаций. Это разнообразие отразилось на пространственной организации жилых районов, типологии застройки и принципах общественного взаимодействия.

На протяжении XX–XXI веков урбанизация и модернизация существенно изменили облик кыргызских городов, однако этнокультурные традиции продолжают оказывать влияние на формирование жилой среды. В современных кварталах можно наблюдать элементы традиционного уклада: внутренние дворы как центры социальной активности, многофункциональные общественные пространства и адаптация жилищных решений к семейному образу жизни.

Цель данного исследования — рассмотреть, как этнокультурные факторы формируют жилые кварталы Кыргызстана, какие традиционные элементы сохраняются в современном градостроительстве и каким образом они адаптируются к изменяющимся условиям городской среды.

Актуальность исследования. Изучение этнокультурного формирования жилых кварталов в Кыргызстане является важной и актуальной темой в условиях интенсивных процессов урбанизации, глобализации и изменения образа жизни городского населения. Современные кыргызские города сталкиваются с вызовами, связанными с увеличением численности населения, стихийной застройкой, потерей национального архитектурного облика и ослаблением традиционных социальных связей. В этих условиях важно понимать,

как этнокультурные особенности могут способствовать созданию комфортной и гармоничной городской среды, отвечающей потребностям местного населения.

Этнокультурные традиции оказывают значительное влияние на организацию жилых пространств, принципы соседского взаимодействия и архитектурные решения. В Кыргызстане многие жилые кварталы сохраняют элементы традиционной планировки, например, внутренние дворы, коллективные общественные зоны и особенности национального жилища. Однако с развитием современных строительных технологий и урбанистических концепций важно учитывать национальные и культурные особенности, чтобы избежать однотипной застройки, не соответствующей укладу жизни местного населения.

Кроме того, исследование этнокультурного формирования жилых кварталов может способствовать разработке новых подходов к городскому планированию, которые интегрируют традиционные формы жилища с современными архитектурными и социальными стандартами. Это особенно актуально в условиях устойчивого развития городов, когда важную роль играет не только экономическая эффективность строительства, но и сохранение национальной идентичности, культурного наследия и социальной сплочённости.

Таким образом, исследование данной темы поможет глубже понять процессы формирования жилой среды в Кыргызстане, выявить значимость этнокультурных факторов в градостроительстве и предложить рекомендации по созданию жилых районов, сочетающих традиционные ценности и современные градостроительные подходы.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

Изучить исторические и культурные предпосылки формирования этнокультурных жилых кварталов и домов.

Проанализировать современные градостроительные тенденции и их влияние на этнокультурную среду жилых районов.

Определить ключевые факторы, влияющие на развитие этнокультурных кварталов, включая социальные, экономические и экологические аспекты.

Исследовать, каким образом традиционные элементы кыргызского жилища интегрируются в современную архитектуру.

Разработать прогнозы будущего развития этнокультурных жилых кварталов с учетом урбанизации, глобализации и сохранения национальной идентичности.

Предложить рекомендации по созданию и модернизации жилых кварталов, основанных на этнокультурных особенностях и современных градостроительных принципах. Исследование позволит понять, как этнокультурные жилые кварталы могут адаптироваться к меняющимся условиям урбанизации, обеспечивая комфортную и гармоничную среду для проживания, а также сохранение культурного наследия в архитектуре и планировке жилых районов

Хронология жилищ и становления кварталов в Кыргызстане:

I. Древний и средневековый период (до XIX века). Кочевое жилище (юрта). Основная форма жилья у кыргызов – юрта, мобильное, легко собираемое и разборное жилище, адаптированное к кочевому образу жизни.

Внутреннее пространство организовано согласно традиционным нормам (разделение на мужскую и женскую зоны, место для гостей, очаг в центре).

Юрта использовалась как временное жилище и как часть стойбища, включающего хозяйственные постройки.

В культуре и укладе жизни современных кыргызов до сих пор сильно влияние их кочевого прошлого. В течение многих столетий переезжали они с места на место по суровым просторам Сибири, занимались разведением скота, главным образом лошадей. Будучи отменными наездниками, постоянно воевали с многочисленными врагами. Но, в конечном счете, оставили Сибирь и мигрировали в горы Тянь-Шаня и Памира, где и нашли пристанище.

Кочевые кыргызы были сильные и крепкие духом люди, воины, закаленные бесконечными походами. Но, как и оседлым народам, им нужен был дом, который защитил бы их от ненастья, дал тепло и уют всей семье. Дом, где можно было принять гостей, сыграть свадьбу, проводить в последний путь ушедшего навсегда родного человека.

Кыргызский дом — юрта, имел большое преимущество: он был всегда под рукой, куда бы они ни направлялись. Интересный факт: слово юрта «jurt» на общетюркском языке означает «родовая земля». В кыргызском языке нередко для обозначения дома использовалось понятие «Ата-jurt» - «отцовская земля» или «отечество». То есть, где стоит юрта, там и есть отечество — мой дом и моё отечество всегда со мной [1].

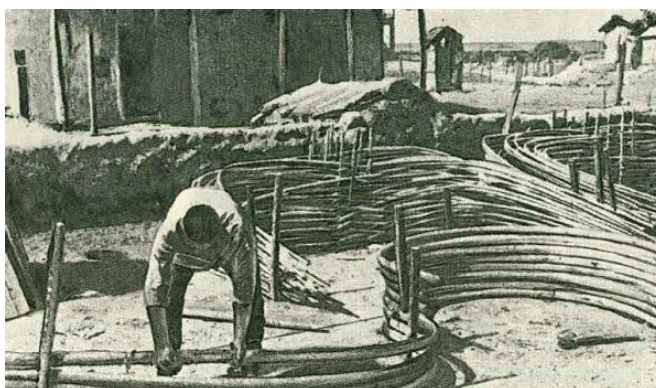
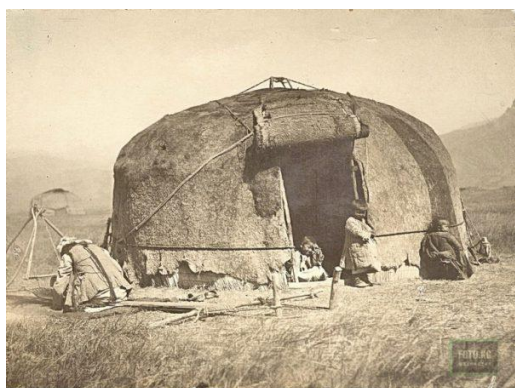


Рисунок 1 –Юрты, в разборном виде

Юрта - это разборная, достаточно легкая конструкция, поражающая своей простотой и функциональностью. По-видимому, кочевники имели неплохие познания в математике и физике, если поняли, что круглое сооружение имеет большую вместительность и может лучше сопротивляться ветрам.

Традиционная кыргызская юрта строилась без единого гвоздя, использовались лишь материалы, которые были у кочевников под рукой. Ива, гибкая, прочная и податливая, была выбрана материалом для круглого каркаса юрты [2].

Оседлое жилище (глинобитные дома). В южных регионах (Ош, Джалал-Абад, Баткен) существовали оседлые поселения, состоящие из глинобитных домов с внутренним двором.

Жилые дома были одноэтажными, с плоской крышей и маленькими окнами, обеспечивающими прохладу в жаркий климат.

Кварталы формировались по принципу махалли — соседской общины с общей инфраструктурой.

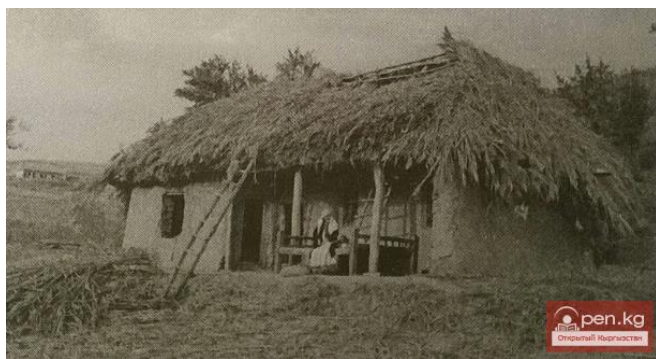


Рисунок 2 – Жилища южных регионов Киргизии

В жилищах Южной Киргизии нетрудно проследить эволюцию светового источника. В них представлены все его варианты. В высоких стенах домов припамирского типа, построенных в прошлом веке, не было ни одного оконного проема, свет проникал в помещение через дымовое отверстие в потолке и входную дверь. Современные же дома строятся с окнами больших размеров, с двойными рамами, подоконниками и резными ставнями.

К архаичным типам стационарного жилища киргизов относятся небольшие прямоугольные в плане однокамерные глинобитные строения с плоской или двускатной крышей. Строились они без фундамента, с грубой штукатуркой стен. Двери представляли собой сбитые вертикально поставленные доски, укрепленные шипами. Рама имела высокий порог. Дом имел вход, прихожую - далан, дализ и две жилые комнаты. В первой - ашкана, там же располагалась семья, там же готовили пищу. В глиняных загородках - кампа хранили зерно, что типично и для горных таджиков.

Характерным атрибутом дома была яма - аврез (глубиной 70 см) для стока воды. Покрывался аврез деревянной решеткой. Вторая комната предназначалась для приема гостей (мейманкана). В ней сооружали высокий (30-40 см) деревянный помост, который занимал 2/3 комнаты. На нем устраивали стопку одеял жук (Антипина, 1962. С. 188-198). Потолок деревянный, выстланный уваса - плашками-горбыльками. Стены на каркасе, заполненном глиняными комками гуваляк. Каркасная конструкция стен позволяет устроить в комнатах ниши такча разной формы.

В дом входят через открытую террасу на столбах - айван. Окна делали только со стороны айвана. Со временем окна приобрели застекленную раму (Антипина, 1962. С. 192-194). Этому способствовала смена типа очага.

Глинобитный пол постепенно сменялся на деревянный. В кыргызских домах часто, особенно на юге, устраивали характерные для узбеков и уйгуров глиняные или деревянные настилы супа. На них располагалась семья во время еды, отдыха, сна.

Господствующим типом жилища конца XIX и до 50-х годов XX в. по всему Кыргызстану были двух- и трехкомнатные дома. Двухкомнатные дом в плане имеют вид вытянутого прямоугольника. Строение перегородено поперек стенкой с дверью. Первая

комната - ашкана - с печью-камином, вторая - мейманкана - парадная. Такие дома делали с плоско-двускатной крышей. Потолок, выстланный досками, традиционен на Иссык-Куле, юго-западе Кыргызстана. Стены были обычно глинобитными, построенными из паксы или утрамбованной глины сокмо. Фундамент - на камнях, с использованием балок сынч, проложенных у его основания. Внутри дома устраивались суа из глины или дерева, айван не типичен. Как правило, ниш в стенах не было (лишь иногда они встречаются на юге Кыргызстана).

II. Российский период (XIX – начало XX века). Появление смешанных поселений. После присоединения Кыргызстана к Российской империи (1860-е годы) началось формирование русских поселений, особенно в Чуйской долине.

Русские переселенцы строили дома срубного типа, с печами, хозяйственными постройками, приусадебными участками.

В городах (Бишкек, Каракол) начали появляться кварталы с прямыми улицами, отличающиеся от традиционных махаллей.



Рисунок 3 – Фрунзе (Бишкек). Жилой дом по улице Токтогула. Архитектор В.К.Змиевский.
ЦГА КФФД Кыргызской Республики

Развитие городов и административных центров. Закладываются первые элементы современной городской планировки – улицы, площади, административные здания.

Появляются новые типы строений – каменные дома, торговые лавки, мечети.

III. Советский период (1920–1991). Коллективизация и переселение населения.

В 1920-30-х годах началась политика оседания кочевого населения, что привело к строительству первых постоянных сельских поселений.

Были созданы колхозы и совхозы, а вместе с ними – типовые жилые дома для крестьян.

В 1950-80-х годах начинается активное строительство городов, появляются первые многоэтажные дома (хрущёвки, позже – панельные дома).

Кварталы строились по советским градостроительным принципам: микрорайоны, широкие улицы, централизованная инфраструктура.

Исчезает традиционный двор как центр семейной и соседской жизни, но сохраняются дворовые сообщества.

IV. Независимый Кыргызстан (1991 – настоящее время). Стихийная урбанизация и развитие частного сектора. После распада СССР начинается хаотичное строительство частных домов, особенно в окрестностях Бишкека и Оша.

Появляются стихийные поселения (новостройки) без централизованной инфраструктуры.

В частном секторе продолжают строить дома с внутренними дворами, сохраняя традиционные элементы жилища.

Современные жилые комплексы и попытки сохранения этнокультурных элементов. В XXI веке начинается строительство современных жилых комплексов с многоэтажными домами, торговыми и общественными зонами.

В архитектуре новых кварталов прослеживаются элементы национального стиля: арочные конструкции, орнамент, просторные дворы.



Рисунок 4 – Современные дома

В проектах элитного жилья наблюдается возрождение концепции закрытых дворов, напоминающих традиционные махалли.

Перспективы развития. В будущем ожидается развитие концепции «умного города» с учётом экологических и этнокультурных особенностей. Разрабатываются проекты жилых кварталов, сочетающих современную архитектуру с национальными традициями в организации пространства.

Заключение. На основе хронологии становления жилищ и кварталов в Кыргызстане можно сделать следующие выводы:

Эволюция жилья связана с образом жизни населения – от кочевых юрт к оседлым глинобитным домам, а затем к современным многоэтажным комплексам. Это отражает переход от кочевого к оседлому образу жизни и рост урбанизации.

Исторические периоды определяли тип застройки – в древности и Средневековье преобладали крепости и ремесленные кварталы, в Российской империи появились кварталы европейского типа, в советское время – массовое индустриальное строительство, а после 1991 года началась хаотичная застройка.

Советская плановая застройка повлияла на облик современных городов – большинство жилых районов, построенных в СССР, до сих пор являются основой городов, хотя требуют модернизации.

Стихийная урбанизация создает социальные и инфраструктурные проблемы – быстрый рост городов после 1991 года привел к появлению неформальных поселений без необходимой инфраструктуры, что требует решения на государственном уровне.

Современные тенденции стремятся к комфорту и статусности – наряду с массовой застройкой появляются элитные жилые комплексы и коттеджные поселки, что говорит о социальном расслоении и изменении предпочтений населения.

В целом, развитие жилищ и кварталов в Кыргызстане – это отражение исторических, экономических и социальных процессов, которые продолжают формировать облик страны.

Список литературы

1. Пояков Г.М. Бухарова Е.А. Архитектура современного моденизма в Киргизии:опыт формирования национальной архитектурной школы [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-sovetskogo-modernizma-v-kirgizii-opyt-formirovaniya-natsionalnoy-arhitekturnoy-shkoly/viewer>

2. Архитектура жилых зданий [Электронный ресурс]
https://ussr.totalarch.com/general_history_architecture/1933_1941/house
3. Иванова И.Г. Интерпретация культурного наследия народов кыргызстана в архитектуре 30-х—50-х годов XX века Московский архитектурный институт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/interpretatsiya-kulturnogo-naslediya-narodov-kyrgyzstana-v-arhitekture-30-h-50-h-godov-hh-veka/viewer>
4. Окна и двери в жилищах Южной Киргизии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://open.kg/about-kyrgyzstan/culture/ethnography/36241-okna-i-dveri-v-zhilischah-yuzhnoy-kirgizii.html>
5. Типы стационарного жилища кыргызов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://open.kg/about-kyrgyzstan/culture/ethnography/35381-tipy-stacionarnogo-zhilischa-kyrgyzov.html>
6. Юрта [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D1%80%D1%82%D0%B0>
7. Мамбеталиева К. Жилище и жилищно-бытовые условия рабочих Кыргызстана: Историко-этнографический очерк [Текст] / К.Мамбеталиева. – Бишкек: 2007.
8. Антипина, К. И. Особенности материальной культуры и прикладного искусство южных киргизов [Текст] / К.И.Антипина. – Бишкек: 1962.
9. Буланова, Л. Юрта: мудрость, история и символ гармонии кыргызского народа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sarykyz.com/blog/jurta>
10. Юрта кыргызов-кочевников: символизм и устройство. Часть 1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ak-sai.com/yurta-kyr-part1>
11. Кыргызские юрты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.advantour.com/rus/kyrgyzstan/culture/yurts.htm> [1]
12. Кыргызская юрта [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.centralasia-travel.com/ru/publication/kyrgyz-yurt>

УДК 004.94:378.046.4+528.8

DOI:10.56634/16948335.2025.3.685-696

Т.К. Урмамбетова, А.У. ЧымыровИ. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика**T.K. Urmambetova, A.U. Chymyrov**KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
tatygul.urmambetova@kstu.kg, chymyrov@kstu.kg**ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЗЕМЛИ В ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ПРИМЕР
ПРОЕКТА DEVISION****САНАРИПТИК ЖЕРДИ ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРҮҮГӨ КИРГИЗҮҮ: DEVISION
ДОЛБООРУНУН МИСАЛЫ****IMPLEMENTING DIGITAL EARTH IN HIGHER EDUCATION: THE EXAMPLE OF
THE DEVISION PROJECT**

Жердин санариптик көрүнүшү (DEvision) – бул ар кандай багыттагы окуу пландарына онлайн жана аралаш окутуу боюнча геомейкиндиктик модулдарды интеграциялоого багытталган демилге. Кыргыз Республикасындагы жана Армения Республикасындагы университеттер менен өнөктөштүктө ишке ашкан DEvision долбоорун Австриянын билим жана интернационализация агенттиги (ÖAD) тарабынан башкарылуучу Австриянын жогорку билим берүү жана изилдөө боюнча өнөктөштүк программасы (APPEAR) колдогон. Өнөктөш өлкөлөрдөгү ар кандай кызыктар тараптардын муктаждыктарын кеңири изилдөөнүн негизинде Санариптик жердин негиздери, геомейкиндиктик моделдөө жана көргөзүү, геовизуализация жана геокоммуникация, аралыктан байкаштыруу жана сүрөттөрдү талдоо, мейкиндиктик анализ боюнча окуу модулдары иштелип чыкты. Бул модулдар өнөктөштөр тарабынан аныкталган талаптарга ылайык бакалавриат же магистратура программалары үчүн, ошондой эле квалификацияны жогорулатууга арналган. Санариптик жер жана өмүр бою билим алуу - бул өмүр бою билим берүүнү колдоодо санариптик технологияларды колдонууга басым жасаган өз ара байланышкан түшүнүктөр. Санариптик жер менен өмүр бою билим алуу ортосундагы синергия билим берүү максатында колдонула турган географиялык жана экологиялык маалыматтардын чоң көлөмүнө жетүүнү камсыз кылат. Санариптик жер куралдары студенттерге эң алдыңкы геомейкиндиктик технологияларга жана салттуу жана инновациялык окутуу ыкмаларын өркүндөтүүчү маалыматтарга жетүүгө мүмкүнчүлүк берет. Исхак Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинде «Санариптик жер боюнча билим берүү» аттуу квалификацияны жогорулатуу курстарынын сериясы өткөрүлдү жана катышуучулардын пикири талдоого алынды, алардын жыйынтыктары окуу программаларынын натыйжалуулугу жана жакшыртуу багыттары боюнча баалуу түшүнүктөрдү берди.

Түйүндүү сөздөр: санариптик жер, ГИС, геомейкиндиктик моделдер, геовизуализация жана геокоммуникация, аралыктан байкаштыруу жана сүрөттөрдү талдоо, мейкиндиктик анализ, аралаш окутуу.

Цифровое видение земли (DEvision) — это инициатива, направленная на интеграцию геопространственных онлайн-модулей и модулей смешанного обучения в учебные программы

различных дисциплин. Австрийская программа партнерства в области высшего образования и научных исследований (APPEAR), управляемая Австрийским агентством по образованию и интернационализации (ÖAD) поддерживает инициативу DEvision в партнерстве с академическими институтами Кыргызской Республики и Армении. На основе обширного исследования потребностей различных участников в этих странах-партнерах разрабатываются учебные модули по основам цифровой земли, геопространственным моделям и представлениям, геовизуализации и коммуникации, дистанционному зондированию и анализу изображений, а также пространственному анализу. Эти модули предназначены для программ бакалавриата или магистратуры в соответствии с требованиями, определенными партнерами, а также для обучения с целью повышения квалификации. Цифровая земля и образование на протяжении всей жизни (lifelong learning) - взаимосвязанные концепции, которые подчеркивают использование цифровых технологий для поддержки непрерывного обучения. Синергия между цифровой землёй (Digital Earth) и образованием на протяжении всей жизни (Lifelong learning) обеспечивает доступ к огромному количеству географических и экологических данных, которые могут быть использованы в образовательных целях. Инструменты цифровой земли предоставляют студентам доступ к передовым геопространственным технологиям и данным, которые улучшают традиционные и внедряют новые методы обучения. В Кыргызском государственном техническом университете им. Исхака Раззакова были проведены серия курсов повышения квалификации под названием «Образование по Цифровой земле» и проанализированы отзывы слушателей, что позволило получить ценные сведения об эффективности учебных программ и направлениях, требующих улучшения.

Ключевые слова: цифровая земля, ГИС, геопространственные модели, геовизуализация и геокоммуникация, дистанционное зондирование и анализ изображений, пространственный анализ, смешанное обучение.

Digital Earth vision (DEvision) is an initiative aiming at the integration of geospatial online and blended learning modules into curricula of multiple disciplines. The Austrian Development Cooperation with its APPEAR program managed by ÖAD therefore supports the DEvision initiative in partnership with academic institutions in Kyrgyz Republic and Republic of Armenia. Based on an extensive needs survey across multiple actors in these partner countries, learning modules on Digital Earth Basics, Geospatial Models and Representations, Geovisualisation and Communication, Remote Sensing and Image Analysis, and Spatial Analysis are developed. These modules are designed for bachelor or master-level programs according to requirements identified by partners as well as for qualification improvement training. Digital Earth and lifelong education are interconnected concepts that emphasize the use of digital technologies to support continuous learning.

The synergy between Digital Earth and Lifelong Education provides access to a wealth of geographic and environmental data, which can be used for educational purposes. Digital Earth tools provide students with access to cutting-edge geospatial technology and data, which enhance traditional and introduce new ways of learning methods. The Razzakov Kyrgyz State Technical University hosted “Digital Earth Qualification” training sessions and the feedback from the trainees was analyzed, which provided valuable insights into the effectiveness of the training programs and areas for improvement.

Key words: digital earth, GIS, geospatial models, geovisualisation and geocommunication, lifelong learning, remote sensing, spatial analysis, blended learning.

Географическая информационная система (ГИС) - информационная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации об объектах, представленных в ГИС. ГИС объединяет различные типы данных и предоставляет инструменты для анализа и визуализации, которые помогают пользователям понять пространственные закономерности и взаимосвязи. Эти возможности делают ГИС важнейшим инструментом во многих областях, таких как городское

планирование, управление окружающей средой, транспорт, здравоохранение и реагирование на стихийные бедствия. Используя современные средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), географические информационные системы (ГИС) способны быстро и эффективно предоставлять эту информацию.

Кроме того, инструменты моделирования, доступные в современных программных системах ГИС, позволяют в режиме реального времени прогнозировать развитие ситуации, например, показывать последовательное расширение зоны наводнения или лесного пожара. Такие возможности прогнозирования крайне важны для управления чрезвычайными ситуациями и реагирования на стихийные бедствия, обеспечивая органы власти своевременной информацией для принятия обоснованных решений и принятия соответствующих мер по снижению рисков.

Источниками данных для ГИС служат карты, планы и схемы, представленные как в специфических объектных форматах, так и в традиционных растровых и векторных форматах. Содержание ГИС осуществляется путем ввода различных первичных материалов, в том числе результатов измерений на местности, геологических изысканий, картографирования, аэро- и спутниковых снимков, специальной тематической информации [1].

Основной целью данной исследовательской работы является анализ разработки и интеграции геопространственных онлайн-модулей и модулей смешанного обучения в системы непрерывного образования в Кыргызской Республике и Республике Армении. Обучение специалистов из разных областей видению Цифровой Земли (ЦЗ) и концепциям цифровой трансформации окажет положительное влияние на общество, экономику и окружающую среду.

Эти учебные программы направлены на обучение людей навыкам, необходимым для использования ГИС-технологий в решении сложных задач, таких как устойчивое развитие, управление ресурсами, охрана окружающей среды и снижение риска бедствий [2].

Исследование было проведено в рамках проекта DEvision «Цифровое соединение реальной и виртуальной среды» (Digitally connecting real and virtual environments), финансируемого OeAD - Австрийским агентством по образованию и интернационализации в рамках программы APPEAR - Австрийской программы партнерства в области высшего образования и научных исследований, реализованный с марта 2022 года по апрель 2025 года.

Координатором проекта выступает Университет Зальцбурга (PLUS), Австрия, а партнерами - Национальный университет архитектуры и строительства Армении (НУАСА), Ереванский государственный университет (ЕГУ) и Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова (КГТУ).

Партнеры проекта сотрудничали в различных контекстах в течение нескольких лет, выявив острую потребность и недостаток предложения в области образования и открытого доступа к современным цифровым, онлайн и открытым технологиям.

Анализ потребностей.

В настоящее время отрасль ГИС в Кыргызской Республике и Республике Армения испытывает значительное давление и спрос, что обусловлено несколькими факторами. К ним относятся быстро растущий интерес среди молодежи, общий недостаток развития и экологической осведомленности, а также потенциал для инноваций с точки зрения географии и природных ресурсов.

Для глубокого понимания специфических потребностей ГИС-индустрии в регионе был проведен анализ потребностей с помощью анкетирования университетов Кыргызской Республики и специалистов в области ГИС. Результаты этих опросов позволили получить критическое представление о реальных потребностях в развитии потенциала как в области студенческого и послевузовского образования, так и в области геопространственных исследований.

Таковы основные выводы, сделанные по результатам анализа потребностей:

- Существует потребность в более комплексных учебных программах по географии и экологии на уровне бакалавриата, включая основы Цифровой Земли.

- Послевузовские программы должны предлагать более специализированные и продвинутые курсы, которые могут подготовить студентов к высокому уровню исследований и профессиональной деятельности в ГИС-индустрии.
- Требуются профессиональные компетенции:

Технические навыки: Владение программным обеспечением ГИС (например, ArcGIS Online, ArcGIS Desktop, QGIS), инструментами дистанционного зондирования и методами анализа пространственных данных.

Аналитические навыки: Способность анализировать и интерпретировать пространственные данные для получения значимых выводов и поддержки процессов принятия решений с использованием концепции Цифровой Земли.

Навыки полевых работ: Опыт проведения полевых исследований и использования методов верификации данных на местности для сбора геоданных и проверки достоверности спутниковых снимков.

Исследовательские навыки: Способность проводить независимые исследования, включая разработку методологии, сбор данных и публикацию результатов.

На основании результатов анализа потребностей подтверждено необходимость постоянного проведения программы повышения квалификации, чтобы педагоги и специалисты были в курсе последних достижений в области ГИС-технологий.

Смешанное обучение, сочетающее цифровые онлайн-средства с традиционными аудиторными методами, приобретает все большее значение в образовании в области ГИС. Такой подход позволяет использовать гибкость и доступность онлайн-обучения, сохраняя при этом преимущества очного обучения, обеспечивая комплексный и адаптируемый опыт обучения [3][4][5] и [6].

Для устранения выявленных недостатков и проблем в области высшего профессионального и непрерывного образования на Цифровой Земле предлагаются следующие стратегии:

- Ввести комплексные курсы по ГИС, которые охватывают основные темы по Цифровой Земле и включают практические занятия с использованием новейших программных обеспечений и инструментов ГИС.
- Разработать специализированные курсы для аспирантов, посвященные продвинутым геопространственным моделям и представлениям, геовизуализации и геокоммуникации, дистанционному зондированию и анализу изображений, а также пространственному анализу.

Анализ потребностей выявил критические области для развития ГИС-индустрии в Кыргызской Республике и Армении. Реализуя целевые образовательные программы и обеспечивая необходимые ресурсы, эта инициатива направлена на формирование нового поколения профессионалов ГИС, способных стимулировать инновации и устойчивое развитие в своих регионах. Такой комплексный подход позволит обеим странам в полной мере использовать потенциал ГИС-технологий для решения своих уникальных географических и экологических задач.

Разработка модулей.

Геопространственные технологии становятся все более важными для различных отраслей, поэтому совершенствование профессиональных образовательных программ в этой области имеет большое значение.

В рамках этого проекта были разработаны учебные модули по основам Цифровой Земли (DEbasics), геопространственным моделям и представлениям (DEmodels), геовизуализации и геокоммуникации (DEgeovis), дистанционному зондированию и анализу изображений (DEimage), а также пространственному анализу (DEanalysis) для образовательных программ бакалавриата и магистратуры (Рис.1). Осознавая важность интеграции этих разработок в образовательную систему, университеты Кыргызской Республики и Республики Армения совместно разработали учебные модули на онлайн платформе и для смешанного обучения, предназначенные для всех уровней образования и

курсов повышения квалификации. Все эти пять модулей DEvision открыты для обучения и доступны онлайн на сайте проекта по адресу: <https://www.devision.cloud/pages/modules>.

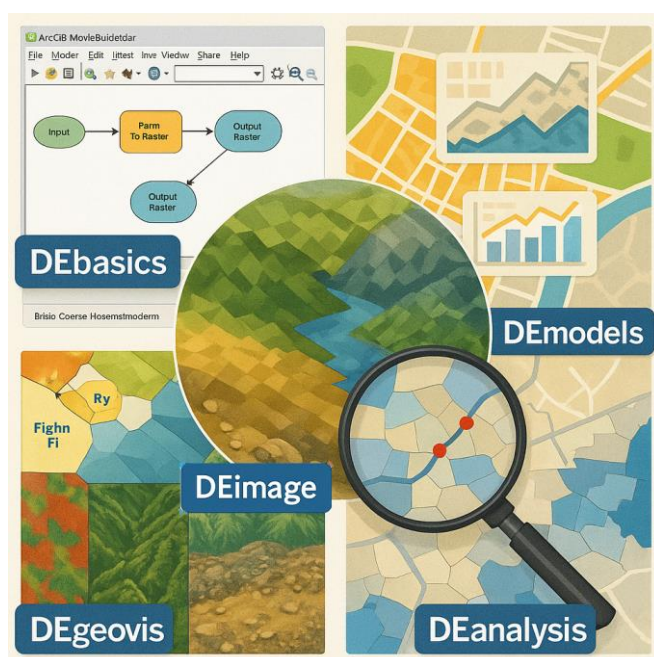


Рисунок 1 - Модули DEvision

Модуль «**Основы Цифровой Земли**» (DEbasics) ориентирован на обучающихся по широкому спектру направлений с геопространственными знаниями и навыками. Модуль охватывает различные темы, знакомит с геопространственными подходами, приложениями ГИС и ДЗЗ, определением пространственно привязанных данных и противопоставлением различных типов данных, а также с основными навыками цифрового картографирования. Он разработан со следующими ожидаемыми результатами обучения для студентов, магистрантов и специалистов в более широких областях:

- Геопространственные подходы в различных дисциплинах и отраслях.
- Измерения в глобальных масштабах и локальных пространствах.
- Пространственные системы координат.
- Сбор данных с географической привязкой.
- От карт к представлениям: передача и обмен пространственной информацией.
- Начало работы с геопространственным облаком.

Результаты обучения в рамках модуля «**Геопространственные модели и представления**» позволят сформировать профессиональные компетенции в геопространственной области на курсах повышения квалификации, в магистратуре и докторантуре:

- Сбор и интеграция пространственных данных.
- Растровые данные и изображения.
- Доступ и управление сервисами.
- Принципы и практика открытых данных.
- Навигация по инфраструктурам пространственных данных.
- Создание приложений для сбора данных.

Модуль «**Геоовизуализация и геокоммуникация**» посвящен обучению визуальному представлению географической информации и эффективной передаче пространственных данных с учетом результатов обучения:

- Создание и распространение информации на веб-картах.
- Классификация, символизация и визуальное сочетание данных.
- Дизайн для взаимодействия с геопространственными данными.
- Перспективная и 3D визуализация.

- Составление карт историй и приборных панелей.
- Создание приложений.

Спутниковые снимки, полученные путем дистанционного зондирования - одни из самых мощных инструментов мониторинга состояния и динамики изменения земной поверхности. Модуль **“Дистанционное зондирование и анализ изображений”** посвящен изучению основных онлайн-платформ для работы со спутниковыми снимками и разнообразия характеристик снимков. Модуль состоит из следующих разделов:

- Изучение и интеграция снимков дистанционного зондирования.
- Основы: от физики до визуальных эффектов.
- Платформы, датчики и данные дистанционного зондирования.
- Изображение к тематическим слоям карт.
- Классификация и извлечение новой информации.
- Мониторинг и обнаружение изменений землепользования и других явлений.

Модуль **“Пространственный анализ”** дает основные понятия и методы решения сложных задач, связанных с местоположением, исследованием и пониманием данных с географической точки зрения, позволяет определять взаимосвязи и принимать решения. Модуль направлен на понимание и первого обзора многих аналитических инструментов и рабочих процессов обработки данных с результатами обучения:

- Создание информации и ценности на основе данных.
- Сетевой анализ.
- Анализ на основе расстояний.
- Пространственная интерполяция.
- Анализы поверхности/рельефа.
- Мульти тематическая аналитика.

Вышеприведенные модули разработаны совместно австрийскими, кыргызскими и армянскими университетами-партнерами и поддерживаются в виде онлайн-ресурсов для преподавателей и студентов [7], [8].

Онлайн платформа ArcGIS Online используется в качестве мощной системы, которая поддерживает обучение на протяжении всей жизни, предоставляя инструменты для создания, анализа и обмена пространственными данными и картами. Она позволяет учащимся исследовать реальные данные и решать проблемы в различных областях, пользователи могут делиться своими проектами и сотрудничать с другими, способствуя обмену знаниями и совместной работе [9].

Модули DEvision предлагают несколько учебных пособий компании ESRI, онлайн-курсов и ресурсов сообществ, чтобы помочь пользователям всех уровней освоить концепции ГИС. Широкий спектр тем в ресурсах ESRI гарантирует, что пользователи с разным уровнем подготовки и интересами смогут найти нужные ресурсы.

Геопортал Центральной Азии и Кавказа (<https://www.cacgeoportal.com>) был представлен слушателям, а его инструменты и учебные материалы были хорошо приняты ими. Он предоставляет пользователям ценные ресурсы и инструменты, которые дополняет процесс обучения и преподавания. Геопортал предлагает доступ к региональным данным, средствам визуализации и учебным материалам, которые имеют решающее значение как для исследований, так и для практического применения ГИС.

Учебные курсы.

Профессиональное ГИС-образование в Кыргызской Республике, начатое с середины 1990-х годов, в основном строилось на базе самообразования. Анализ прошлой и текущей ситуации по ГИС-образованию позволил выявить проблемы, направления деятельности и перспективы высшего и профессионального образования в этой области. Первые проекты по использованию ГИС для картографирования, моделирования и мониторинга хвостохранилищ, оползней и других опасных природных явлений в стране начались в Министерстве по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Кыргызстана. Приобретение программного обеспечения ГИС (ArcView) и первое обучение сотрудников этого министерства положили

начало растущему интересу к такому обучению в различных государственных, академических и частных учреждениях. На начальном этапе обучение ГИС полностью проходило в рамках таких международных проектов и обеспечивалось международными учебными курсами и приглашенными специалистами по ГИС [10].

В 2000-2005 годах все больше университетов Кыргызстана вводили курсы ГИС в свои учебные планы с различным содержанием и направленностью. Многие академические программы по таким направлениям, как экология, информационные технологии, география и геология, сегодня включают курсы ГИС.

В этот период началась подготовка преподавателей по ГИС, и ряд преподавателей кыргызских вузов прошли стажировку в ГИС-центрах международного уровня, таких как Центр образования в области космической науки и техники в Азиатско-Тихоокеанском регионе (CSSTEAP) в Индии и Центр геоинформатики Зальцбургского университета (Z_GIS) в Австрии. Большинство ГИС-специалистов в Кыргызстане, имеющих степени магистра и кандидата наук, начали обучение в этих центрах в 2000-2005 годах. В стране начались новые исследовательские проекты, в которых участвует все больше преподавателей вузов, заинтересованных в преподавании геоинформационных технологий.

Нехватка опытных преподавателей в области ГИС в Кыргызстане является проблемой, влияющей на развитие геопространственного образования и более широкое использование геопространственных технологий в различных секторах. Существует несколько ключевых факторов, способствующих этой нехватке, таких как ограниченность специализированных образовательных и учебных программ, устаревшие учебные планы и ресурсы, ограниченные возможности профессионального развития, низкая осведомленность и стимулы, а также утечка мозгов.

Стратегическим решением проблемы нехватки опытных преподавателей в Кыргызстане может стать разработка углубленных курсов по ГИС. Наиболее популярными подходами являются установление партнерских отношений с зарубежными университетами, специализирующимися на геопространственном образовании, использование концепции «Цифровая Земля», разработка передовых ГИС-модулей, программ подготовки тренеров (ToT), цифровых образовательных платформ, привлечение ГИС-профессионалов и отраслевых экспертов.

Курсы повышения квалификации по продвинутым модулям DEvision посвящены подготовке опытных учителей и специалистов по реализации концепции «Цифровая Земля» на базе цифровых образовательных платформ совместно с австрийскими, кыргызскими и армянскими педагогами и экспертами.

В марте 2024 года в Кыргызском государственном техническом университете им. Исхака Раззакова (КГТУ) начался первый курс повышения квалификации «Образование по Цифровой Земле» по модулю «Основы цифровой Земли» (DEbasics), в котором приняли участие 14 человек (13 женщин и 1 мужчина). Слушателями были представители университетов (11 человек), государственных учреждений (1 человек) и Национальной академии наук (2 человека) Кыргызстана и Казахстана. Для привлечения слушателей из города Ош на юге Кыргызстана и города Алматы в Казахстане использовались средства онлайн видеоконференции. 6 участников успешно завершили обучение, сдав курсовые задания и тесты в мае 2024 года.

По завершению первого модуля было выявлено, что участники, принимавшие участие онлайн, не смогли успешно завершить модуль, так как многие студенты во время обучения столкнулись с проблемой ограниченного доступа к Интернету. Это помешало им участвовать в онлайн лекциях, были задержки в сдаче заданий своевременно, а также их недисциплинированность была причиной, что они не смогли получить удостоверения об успешном окончании модуля. Исследование показало, что применение дистанционных форм обучения имеют свои преимущества и недостатки, которые нужно принимать во внимание при подготовке и реализации таких курсов повышения квалификации [11], [12], [13], [14] и [15].

Второй модуль «Геопространственные модели и представления» (DEmodels) курсов повышения квалификации «Образование по Цифровой Земле» прошел в мае и июне 2024 года в КГТУ с 12 слушателями. Следует отметить, что все слушатели были женщинами и большинство из них участвовали в первом модуле курса «Основы Цифровой Земли» (DEbasics). Второй модуль был организован в офлайн-режиме для слушателей с учетом негативного опыта, полученного во время обучения по модулю DEbasics.

Третий модуль «Геоовизуализация и геокоммуникация» был проведен с 21 сентября по 26 октября 2024 года, четвертый модуль «Дистанционное зондирование и анализ изображений» с 30 ноября по 26 декабря 2024 года и завершающий модуль «Пространственный анализ» был проведен с 18 января по 22 февраля 2025 года в вне рабочее время офлайн режиме.

Тренерами курса повышения квалификации были высококвалифицированные преподаватели кафедры «Геодезия и геоинформатика» КГТУ им. И. Раззакова и кафедры «Геоинформатика» Университета Зальцбурга (PLUS) из Австрии.

В рамках реализации целей и задачи проекта DEvision было внедрено все пять модулей в рабочие учебные программы (РУП) КГТУ им. И. Раззакова от 1 сентября 2023 года и от 2 сентября 2024 года по направлениям 620100 «Геодезия и дистанционное зондирование» и 520500 «Картография и геоинформатика». В частности дисциплина «Основы Цифровой Земли» внедрена в учебную программу бакалавриата от 1 сентября 2023 года, а дисциплины «Геопространственные модели и представления», «Геоовизуализация и геокоммуникация», «Дистанционное зондирование и анализ изображений» и «Пространственный анализ» в РУПы магистратуры вышеназванных направлений.

Результаты.

Совокупность знаний и навыков (Body of Knowledge) для непрерывного обучения ГИС обычно включает в себя структурированную систему областей знаний, навыков и компетенций, которые помогают специалистам понимать и применять ГИС на протяжении всей их карьеры [16]. По мере развития ГИС-технологий непрерывное обучение становится необходимым для сохранения квалификации.



Рисунок 2 - Вручение удостоверений участникам курса повышения квалификации

Курс повышения квалификации «Образование по Цифровой Земле» способствовал созданию динамической учебной среды. Участники курса, представляющие разные

организации, учреждения и разной квалификации, привносят уникальные взгляды и опыт, обогащая дискуссии и инициируя совместные проекты. Такое сочетание может привести к инновационным решениям и более полному пониманию геопространственных данных и методов обучения.

За весь период проведения данного курса в их модулях принимали участие 23 человека, из них 5 человек участвовали на всех пяти модулях и другие 16 человек успешно завершили и получили удостоверения государственного образца за определенные модули курса. Проведено исследование и анализ содержания и методологии обучения на онлайн платформе ArcGIS Survey 123. Принимали в нем участие 16 человек в возрасте от 30 до 65 лет, из них 13 женщин и 3 мужчин.

На Рис. 3 показан уровень квалификации участников курса, успешно завершивших все или некоторые модули курса «Образование по Цифровой Земле».

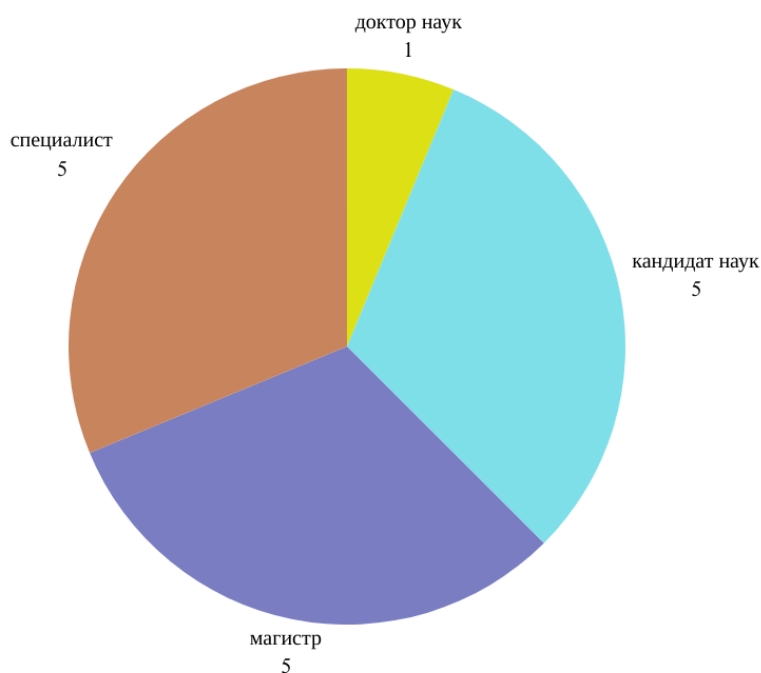


Рисунок 3 - Уровень квалификации участников курса.

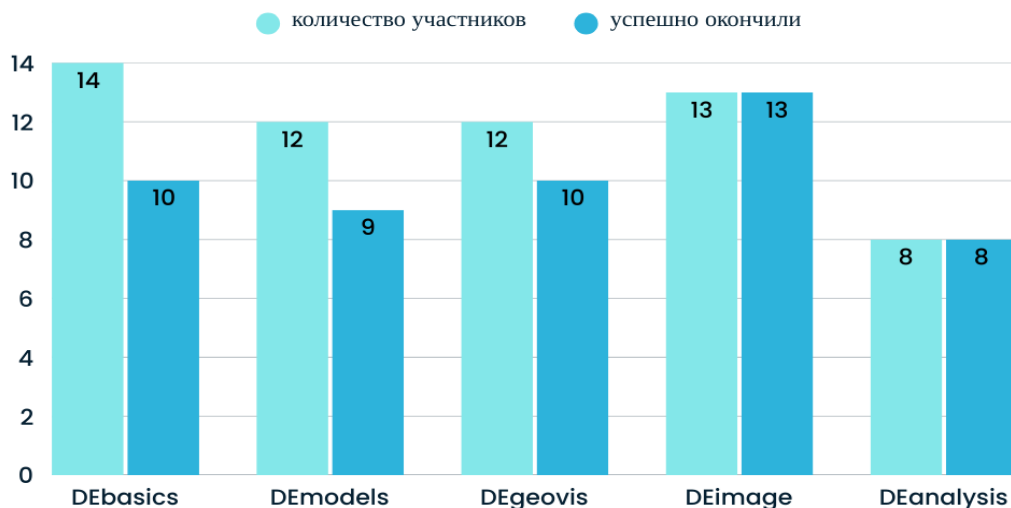


Рисунок 4 - Количество участников и выпускников курса по модулям

Анализ результатов анкетирования в рамках курса повышения квалификации «Образование по Цифровой Земле» предполагает тщательное изучение ответов участников с целью оценки общей удовлетворенности, выявления сильных сторон и областей, требующих улучшения, а также сбора дополнительных отзывов. Для оценки данных был использован следующий структурированный подход:

- **Общая удовлетворенность:** Рейтинг общей удовлетворенности определяется на основе средних оценок, выставленных участниками. Высокие оценки обычно свидетельствуют о том, что участники сочли курс ценным и увлекательным. Опрос показал, что все участники были удовлетворены содержанием и качеством организации и проведения всех модулей курса.

- **Преимущества и сильные стороны:** Качество преподавания: положительные отзывы отмечают инструкторов. Участники высоко оценили способность зарубежных преподавателей разъяснять сложные концепции и поддерживать вовлеченность на протяжении всего курса. Содержание курса отмечено как актуальное и современное. Участники высоко оценили опыт и стиль преподавания тренеров, включение современных отраслевых стандартов и тенденций. Практическое применение было хорошо воспринято благодаря практическим упражнениям и примерам из реального мира. Участники ценят возможность применить теоретические знания в практических сценариях. Участники считают ресурсы модулей DEvision полезными и хорошо интегрированными в процесс обучения.

- **Полученные навыки и знания:** Судя по полученным отзывам, участники считают, что приобрели ценные навыки и знания, применимые в их профессиональной или академической деятельности. Эффективность курса в достижении целей обучения отражена в этих положительных оценках.

- **Направления для улучшения:** Некоторые участники отметили, что темп курса был слишком быстрым, что говорит о том, что материал был пройден слишком быстро для его глубокого усвоения. Возможно, необходимо внести коррективы, чтобы лучше согласовать темп с потребностями участников в обучении. Были отмечены проблемы, связанные с облачными материалами курса, доступом к программному обеспечению и онлайн-платформам. Конкретные технические проблемы включали трудности с доступом к ресурсам или сбои в работе онлайн-компонентов. Рекомендации по улучшению организации курса включают корректировку расписания, практики общения и административных процессов. Улучшение организации может повысить общий уровень обучения и удовлетворенность участников.

Заключение.

Общения с участниками курсов и анализ результатов анкетирования показали более высокую эффективность проведения занятий оффлайн в учебных помещениях по сравнению с онлайн форматом курса. 13 участников из 16 участников опроса ответили, что предпочитают занятия в оффлайн режиме, тогда как 3 других участника предпочли смешанный формат занятий. Основными аргументами проведения очных занятий участники считают то, что такой формат наиболее предпочтителен для тех участников, которые имеют низкие навыки работы в ГИС. Во время занятий в учебных помещениях преподаватель может быстро помочь каждому участнику и происходит активное взаимодействие с преподавателем и другими коллегами, легче выполнять практические задачи, можно задавать вопросы и получать развернутые ответы во время занятий.

Онлайн формат занятий также может успешно применяться в курсах повышения квалификации при невозможности проведения очных курсов из-за особенностей работы участников или трудностей проезда и проживания во время проведения курсов. Но в этом случае большую роль играет уровень базовых знаний в ГИС и мотивированности слушателей, а также доступность и качество интернет-связи между преподавателями и участниками.

Благодарность.

Исследование было профинансировано ОеАД - Австрийским агентством по образованию и интернационализации, в рамках программы APPEAR - Австрийского партнерства в области высшего образования и исследований для развития. Авторы также благодарны другим участникам и экспертам проекта DEvision.

Список литературы

1. Kerski, J.J. The Role of GIS in Digital Earth Education // *International Journal of Digital Earth*. 2008. Vol. 1, № 4. P. 326–346. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538940802420879>.
2. Mouratidis A., Koutsoukos M. Use of ESA Earth Observation Educational Resources in Vocational Education and Training – Lifelong Learning: Towards STEM Promotion and Development of Skills // *Bulletin of the Geological Society of Greece*. 2016. Vol. 50, № 3. P. 1652–1661. DOI: <https://doi.org/10.12681/bgsg.11888>.
3. Vanslambrouck S., Zhu C., Lombaerts K., Philipsen B., Tondeur J. Students' Motivation and Subjective Task Value of Participating in Online and Blended Learning Environments // *The Internet and Higher Education*. 2018. Vol. 36. P. 33–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.09.00>.
4. Islam S., Baharun H., Muali C., Ghufro M.I., Bali M.I., Wijaya M., Marzuki I. To Boost Students' Motivation and Achievement through Blended Learning // *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1114, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012046>.
5. Osman N., Hamzah M.I. Impact of Implementing Blended Learning on Students' Interest and Motivation // *Universal Journal of Educational Research*. 2020. Vol. 8, № 4. P. 1483–1490. DOI: <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080442>.
6. Rahman Z., Rijanto T., Basuki I., Sumbawati M.S. The Implementation of Blended Learning Model on Motivation and Students' Learning Achievement // *International Journal for Educational and Vocational Studies*. 2020. Vol. 2, № 9. P. 767–775. DOI: <https://doi.org/10.29103/ijevs.v2i9.2694>.
7. Nazarkulova, A., Strobl J. Digital Earth Competences Across Disciplines // *International Journal of Geoinformatics*. 2023. Vol. 19, № 11. P. 20–25. DOI: <https://doi.org/10.52939/ijg.v19i11.2917>.
8. Chymyrov, A., Urmambetova T., Ismailov N. Lifelong Learning on Digital Earth // *International Journal of Geoinformatics*. 2024. Vol. 20, № 12. P. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.52939/ijg.v20i12.3767>.
9. Phantuwongraj S., Chenrai P., Assawincharoenkij T. Pilot Study Using ArcGIS Online to Enhance Students' Learning Experience in Fieldwork // *Geosciences*. 2021. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11090357>.
10. Чымыров, А.У. Опыт внедрения ГИС-технологий в вузах Кыргызстана и других стран Центральной Азии [Текст] / А.У. Чымыров, Г.Б. Укуева // *Вестник КГУСТА*. 2006. Вып. 1(1). С. 91–97.
11. Leta, V.V., Karabiniuk M.M., Mykyta M.M., Kachailo M.M. Use of Geoinformation Technologies in Distance Learning of Future Specialists in Geography // *Information Technologies and Learning Tools*. 2023. Vol. 95, № 3. P. 112–123. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5104>.
12. Yuhanna, I., Alexander A., Kachik A. Advantages and Disadvantages of Online Learning // *Journal Educational Verkenning*. 2020. Vol. 1, № 2. P. 13–19. DOI: <https://doi.org/10.48173/jev.v1i2.54>.
13. Nirwansyah, A.W. Challenges in GIS Practice in Geography Teacher Training during COVID-19 Pandemic: Students' Perspective from a Private Islamic University in Indonesia // *Jurnal Pendidikan Geografi*. 2022. Vol. 27, № 2. P. 126–136. DOI: <http://doi.org/10.17977/um017v27i22022p126-136>.
14. Firmansyah R., Putri D.M., Wicaksono M.G.S., Putri S.F., Widiyanto A.A. The University Students' Perspectives on the Advantages and Disadvantages of Online Learning Due to

COVID-19 // Proceedings of 2nd Annual Management, Business and Economic Conference (AMBEC 2020). 2021. P. 120–124. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210717.025>.

15. Солдатова, Г.У. Личностные характеристики и психологическая саморегуляция студентов онлайн и офлайн: некоторые особенности цифровой социальности [Текст] / Г.У. Солдатова, Е.И. Рассказова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2023. Т. 13, вып. 1. С. 24–37 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.21638/spbu16.2023.102>.

16. Hofer, B. et al. Complementing the European Earth Observation and Geographic Information Body of Knowledge with a Business-Oriented Perspective // Transactions in GIS. 2020. Vol. 24, № 3. P. 587–601. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12628>.

УДК 622.06;553.41(075.2)

DOI:10.56634/16948335.2025.3.697-723

Д.А. Несипбаев¹, К.З. Курманалиев²¹И. Раззаков атындагы КМТУ, ²«Геолэкспертпроект» жоопкерчилиги чектелген коому
Бишкек, Кыргыз Республикасы¹КГТУ имени И. Раззакова, ²ОсОО «Геолэкспертпроект»
Бишкек, Кыргызская Республика**D.A. Nesipbaev¹, K.Z. Kurmanaliev²**¹Razzakov Univeristy, ²limited liability company "Geolexpertproject"
Bishkek, Kyrgyz Republic
ddd.78@bk.ru grfgeology@gmail.com**ПРЕДПОСЫЛКИ ОБОСНОВАНИЯ МЕТОДИКИ РАЗВЕДКИ И ОЦЕНКИ
РАЗМЕРНОСТИ И СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА МОЗАИЧНЫХ БЛОКОВ
ДИСКРЕТНЫХ ПОДСИСТЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРУЙ****ЖЕРУЙ КЕНИНИН ДИСКРЕТТИК ПОДСИСТЕМАЛАРЫНДАГЫ МОЗАИКАЛЫК
БЛОКТОРДУН ӨЛЧӨМДӨРҮН ЖАНА АЛТЫН КУРАМЫН ИЗИЛДӨӨ ЖАНА
БААЛОО ЫКМАСЫН НЕГИЗДӨӨНҮН АЛДЫН АЛА ШАРТТАРЫ****PREREQUISITES FOR JUSTIFYING THE EXPLORATION METHODOLOGY AND
ASSESSING THE SIZE AND GOLD CONTENT OF MOSAIC BLOCKS IN THE
DISCRETE SUBSYSTEMS OF THE JEROOY DEPOSIT**

Исследование дискретного типа оруденения актуальная задача изучения сложности организации оруденения. Цель работы обоснование возможности разработки методики геологоразведочных работ дискретных подсистем фрактальной закономерности организации оруденения. Методами измерения параметров оруденения по дискретным подсистем разработаны новые подходы измерения и экстраполяции размерности, дискретности и степенной коэффициент отношения дискретной подсистемы к вмещающей ее системе..

Результаты. Измеренная мозаичная блочность в трех последовательных дискретных подсистемах показывает устойчивые тождественные параметры по размерности, распределению и размещению блоков оруденения и безрудных блоков. Устойчивость показателей и высокая сходимость по параметрам оруденения и запасам руды и золота. Результаты могут служить обоснованием новых подходов к методике разведки и оценке оруденения

Ключевые слова: дискретность, мозаичность; блочность оруденения; методика разведки и оценки ресурсов полезных ископаемых.

Дискреттүү түрдөгү руда түзүлүшүн изилдөө – руданын түзүлүшүндөгү татаалдыктарды үйрөнүүдөгү актуалдуу маселе. Иштин максаты – руданын түзүлүшүндөгү фракталдык мыйзамченемдүүлүккө ээ дискреттик подсистемаларды геологиялык-издөө иштеринин методикасын иштеп чыгуу мүмкүнчүлүгүн негиздөө.

Дискреттик подсистемалар боюнча рудалуу параметрлерди өлчөө ыкмалары аркылуу дискреттүүлүктүн, өлчөмдүүлүктүн жана дискреттик подсистеманын аны камтыган система менен болгон степендүү катыш коэффициентин өлчөө жана экстраполяциялоонун жаңы ыкмалары иштелип чыкты.

Жыйынтыктары. Үч ырааттуу дискреттик подсистема боюнча өлчөнгөн мозаикалык блочтуулук рудалуу жана рудасыз блоктордун өлчөмдүүлүгү, бөлүштүрүлүшү жана жайгашуусу боюнча туруктуу жана окшош параметрлерди көрсөттү. Параметрлердин туруктуулугу жана руданын, алтындын запастарын баалоодогу жогорку дал келүүсү аныкталды. Бул жыйынтыктар рудалуу аймактарды изилдөө жана баалоо методикасында жаңы ыкмаларды негиздөөгө кызмат кыла алат.

Түйүндүү сөздөр: дискреттүүлүк; мозаикалуулук; рудалуу блочтуулук; пайдалуу кендерди изилдөө жана баалоо методикасы.

The study of the discrete type of mineralization is an urgent task of studying the complexity of the organization of mineralization. The purpose of the work is to substantiate the possibility of developing a methodology for geological exploration of discrete subsystems of the fractal pattern of mineralization organization. New approaches to measuring and extrapolating the dimension, discreteness and power coefficient of the ratio of a discrete subsystem to the enclosing system have been developed using methods for measuring mineralization parameters for discrete subsystems.

Results. *The measured mosaic blockiness in three consecutive discrete subsystems shows stable identical parameters in terms of size, distribution and placement of mineralized and barren blocks. Stability of indicators and high convergence in terms of mineralization parameters and ore and gold reserves. The results can serve as a justification for new approaches to exploration methods and mineralization assessment*

Key words: *discreteness, mosaicity; mineralization blockiness; exploration methods and mineral resource assessment.*

Введение. Актуальность. Сложность структуры оруденения с позиции дискретного типа оруденения, в противовес «сплошного» видения определяется дискретной блочностью основной характеристикой которой в любой дискретной подсистеме и системе в целом определяется геотехнической инвариантностью блоков-последовательной мозаичностью аномальных зон трещиноватости, переходных зон периферии и не нарушенных зон-низкой степенью или отсутствием развития трещиноватости. Рудоконтролирующий и рудолокализирующий контроль инвариантности зон трещиноватости при рудообразовании формирует мозаичную структуру блоков оруденения- ядро оруденения; периферия оруденения и безрудные блоки по дискретным подсистемам- иерархия участков оруденения от гнезд, линз к участкам рудных тел и до системы-месторождению в целом.

Изучение мозаичности дискретных подсистем- блочной структуры оруденения с выделением распределения и расположения блоков по степени концентрации оруденения позволяет выделить структуру и характеристики оруденения по закономерности и сложности, в первую очередь для месторождений бедных руд приобретающих все большее промышленное значение с исчерпанием богатых месторождений в минерально-сырьевой базе страны. Выявление характеристик, закономерностей дискретной блочной организации оруденения актуализирует новые методы геолого-разведочных работ и оценки оруденения.

Литературный обзор. Теория открытых саморганизующихся систем- не линейная геодинамика и синергетика связаны с исследованиями: И. Пригожина, С.П. Курдюмова, Г. Хакена, А.А. Самарского, Г.Г. Малинецкого, Б. Мандельброта; блочно-иерархическое

строение руд изучались М.А. Садовским, В.В. Пиотровским, В.И. Уламов, С.В. Гольдин, Г.Г. Кочерян, П.В. Макаров, В.Н. Родионов и др. Фрактальность оруденения посвящены работы П.М. Горяинова, А.М. Павлова, В.И. Снеткова, Turcotte D.L., В.А. Филонюка и многих других.

Цель и задачи. Установление характеристик мозаичности блоков дискретных подсистем оруденения существующей практикой методики разведки и оценки оруденения-цель исследования. Задачи: выявление мозаичности блоков оруденения при различной плотности разведочной сети; выявление параметров оруденения(контур, содержание золота, запасы) по моделям разведочной сети; связь и характеристика разведочной сети и дискретных подсистем оруденения; сопоставление блочной характеристики и параметров оруденения по моделям разведочной сети.

Материалы. Для исследования принята модель разведки по штокверковому телу с параметрами: L_1 - по простиранию 220м; L_2 -по мощности до 80м; L_3 - по падению, на глубину разведочных скважин 80-120м. Блок штокверка разведан с единого горизонта 3600м буровыми скважинами по сети 20 х 20м х 60-120м, опробованы по керну секциями в 1 м. Всего 66 скважин, более 6000 керновых проб.

Методика. Размерность блоков приводится в линейном и логарифмированном виде, как $L_{\text{м}} = \sqrt[3]{L_1 * L_2 * L_3} = L_n L$, соответственно, простирание, мощность, длины по падению измеренное по скважинам и на зону влияния разведочного пересечения. Разведочная модель оценивается на весь объем оруденения 220м х 80м х 80-120м, с оценкой по 10 профилям через 20м. Контур разведочной сети 20 х 20м; 40х40м и 80 х 80м, построены по скважинам по углам сети. Логарифмирование размерности и содержания золота произведено для усреднения и сглаживания вариативности измерений и стохастичности отклонений содержаний золота. Мозаичность блоков определяется по размерности и приведены к распределению в %, соответственно: ядра оруденения; периферии оруденения (переходные зоны) и безрудные блоки. Сопоставление и оценка оруденения в соответствии с принятой практикой ГКЗ вывода средних и расхождения.

Гипотеза. Параметры и характеристики оруденения и оценка определяются мозаичностью рудных, переходных и безрудных блоков по дискретным подсистемам блочности. Вывод степени мозаичности и характеристик блоков мозаичности ведут к выявлению концентрированного оруденения с исключением и\или нейтрализацией влияния на оценка безрудных и не кондиционных блоков. Последние могут рассматриваться в геотехническом и геотехнологическом аспектах для методов и систем горных работ без их выемки из недр, соответственно для сокращения затрат горных работ- нового подхода к оценке промышленных кондиций и запасов. Оценка характеристики оруденения и параметров по кондиционным блокам мозаичности (ядра оруденения и кондиционных блоков переходных зон) позволяет оценить непосредственно размерность, распределение и концентрированные показатели оруденения. Вероятно, плотность и форма разведочной сети при разведочных работах с оценкой мозаичной блочности коррелируется и обладает необходимой и достаточной степенью соответствия размерности разведочной сети и дискретных подсистем

Научная новизна. Рассмотрены и предложены новые подходы к методике разведки и оценке дискретных подсистем блочного оруденения на основе мозаичности и инструменты прогнозной оценки горных работ, затрат и вывода разведочных кондиций и оценки концентрированной модели оруденения, без первичного разубоживания.

Объект и методика исследований

1. Золото кварцевое штокерковое месторождение Джеруй.

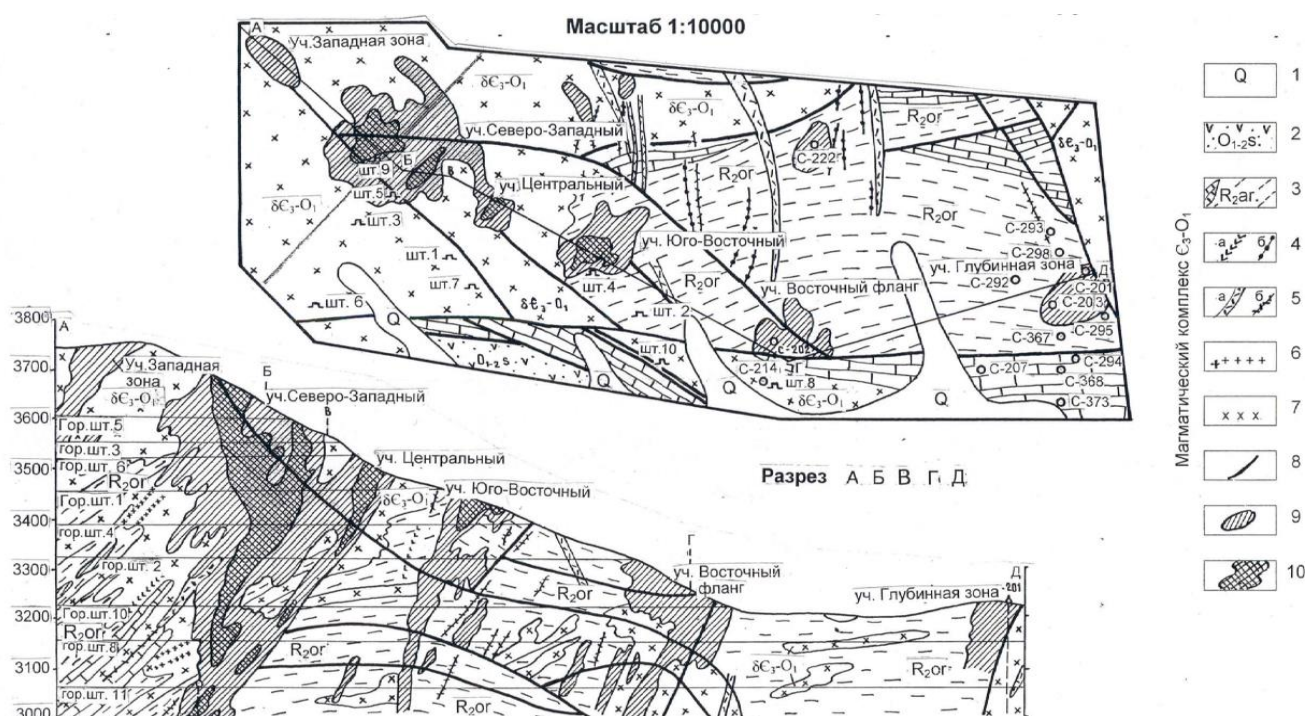


Рисунок 1 - Геологическая схема месторождения Джеруй, масштаб 1:10000 [19].

Условные обозначения: 1. Четвертичные отложения; 2. Туфы андезитовых порфиров (O_1-2); 3. Доломиты, кварцево-сланцевые сланцы, песчаники (R_2or); Магматический комплекс (C_3-O_1); 4. Дайки диабазовых порфиров (а), спессартитов (б); 5. Дайки кварцевых порфиров (а) и плагиопорфиров (б); 6. Жилы аплитов; 7. Кварцевые диориты; Рудные тела: 9. с содержанием Au свыше $1g/t$; 10. - Рудные тела с содержанием Au свыше $2g/t$.

Структурно-кинематическое строение района. Основной разрывной структурой месторождения является Ичкелитау-Сусамырский региональный парный разлом (ИСР), северный шов которого представляется южной границей интенсивного золото кварцевого оруденения [30]. Рудный узел и месторождение имеет тесную пространственную связь и обусловлена локальной купольной структурой Чичкано-Колбинского батолита [36].

В непосредственной близости от месторождения Северо-Ичкелитауский разлом, важнейшая глубинная структура района с древним заложением и длительной историей развития (до четвертичного времени) меняет направление с СЗ на субширотное, делая при этом значительный изгиб (рис.1).

В предрудный этап поблизости от этого изгиба, возникла тектоническая обстановка, благоприятная для формирования суб- параллельных разлому отслоений в виде цепочек извилистых трещин отрыва, которые в сочетании с оперяющимися трещинами северо-западного (СЗ), субмеридионального (СМ) и северо-восточного (СВ) направлений образовали ослабленную зону, впоследствии локализовавшую оруденение и предопределившую строение рудной зоны в целом, морфологию отдельных рудных тел. На формирование наиболее сложных по очертаниям ослабленных участков зоны, проявившихся позже, как рудные тела, помимо общей деформации изгиба, оказало влияние много сопутствующих факторов, такие как местные напряжения вдоль крупных меридиональных разрывов, заполненных дайками, разная упругость горных пород и т.д. (рис.2).

С дугообразностью связываются возникновение геотехнических условий растяжения: « «структуры растяжения в плане часто имеют дугообразные очертания»[36]. « В теоретически наиболее полном варианте, отделение блока от основного массива и его движение к стороне с пониженным сопротивлением аккомодируется образованием округло-сферической или цилиндрической поверхности, вдоль которой напряжения будут распределяться в соответствии с правилом Дж.Андерсона относительно кинематики разно ориентированных сколов, в плане эта округлая поверхность будет выглядеть дугой, в вершине которой концентрируется растяжение, а на флангах возможно и образование сдвигов...»[11].

Месторождение представлено зоной линз, гнезд, жил и тонких прожилков золотоносного кварца, а также метасоматического окварцевания пород у контакта этих образований и в их промежутках. Интенсивность развития рудных образований не везде одинаково. Места наибольшей их концентрации выделяются как рудные участки и тела столбообразных и линейных штокверков – зоны разуплотнения массивов пород. Геотехнически соответствуют зонам разуплотнения с проявлением аномальной зоны трещиноватости- термодинамическая зона разуплотнения.

Методика и теоретический обзор. Размерность блоков по расстояние между зонами трещиноватости и разломов оценена по формуле [14], по «статистической характеристике средних расстояний между берегами трещин, отделяющих структурные блоки между собой- устойчивое соотношение между величинами раскрытия трещин и диаметрами отделяемых ими блока в структурной иерархии массивов горных пород[9]:

$$\mu_{\Delta}(\delta) = \frac{\delta_i}{\Delta_i} = \Theta \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где δ_i — среднее “раскрытие” трещин (расстояние между их берегами), Δ_i — диаметр блоков i -го иерархического уровня, а коэффициент Θ наиболее часто попадает для любого i в интервал $1/2-2$, т. е. $\Theta \in (1/2 - 2)$.

В том числе исходя из разработанных десятков формул иерархических дискретных рядов блочности, к примеру: Так, Г.Г. Кочарян и А.А. Спивак [12] со ссылкой на результаты исследований М.А. Садовского [25,26] и В.В. Пиотровского [21] приводят соотношение, определяющее соответствующий размер блока L_n в иерархии масштабов:

$$L_n = \begin{cases} (3 - 6)10^{(\frac{n-11}{2})}, \text{ для } n = (2k - 1), \\ (1 - 2)10^{(\frac{n-11}{2})}, \text{ для } n = 2k \end{cases} \quad (2)$$

Здесь k целое число, изменяющееся от 1 до 9, L_n . характерный размер блока порядка n , измеряемый в километрах. В этой формуле наивысший порядок иерархии равен 18 при $k = 9$ и приводит к размерам блоков $L_{18} \approx (10 - 20) \cdot 10^3$ км, характерным для литосферных плит. Минимальный масштаб блока при $n = 1$ и $k = 1$ приводит к $L_1 = 3-6$ см (следующий в иерархии блок $L_2 = 10 - 20$ см получается при $k = 1$ и $n = 2k = 2$) и т. д.

Фрактальность. Свойство геологической в том числе рудной среды иерархических подсистем с тождественным подобием, подсистемы к вмещающей ее системе на различных масштабных уровнях. В частности, для рудной среды основная система может занимать уровень рудной провинции или рудного пояса или рудного поля, во всяком случае месторождение как система с входящими в нее подсистемами: участки- рудные столы- линзы-гнезда оруденения- до отдельных зерен минерализации.

Фрактальность – дробное число, измеряется различными методами фрактальной геометрии в основе которых, в целом, находится отношение частота проявлений подобия на каждом масштабном уровне.

Фрактальная размерность показывает меру самоподобия в изучаемой иерархической совокупности и степень сложности структуры. Мера подобия оценивается диапазоном масштабов, где каждой подсистемой выполняется однородный степенной закон, а относительная степень сложности определяется абсолютным значением фрактальной размерности. [20,29,31].

Фрактальность – определение "клеточной" фрактальной размерности на примере распределения гипоцентров. Разбиение пространственной области на кубы с размером δ , последовательно масштабированных. Фрактальная размерность (D):

$$D = -\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(N)}{\ln(r)} . \quad (3)$$

$$N \sim r^{-D} , \quad (4)$$

$$D = 1 - \text{tga} \quad (5)$$

Дискретность. Фрактальной и блочной организации систем оруденения подразумевает развитие рудных систем на различных масштабных уровнях или закономерно проявленных характеристик блоков оруденения. Т.е. подобие на масштабном уровне – подсистема, в противовес общепринятой дефиниции дискретности как прерывистость в пространственном проявлении оруденения.

Блочно-иерархическое строение горных пород, массивов концепции М.А. Садовского: «ключевая роль отведена линейному коэффициенту вложения геоблоков смежных иерархических уровней» [14,25,22,26] характеристики средних расстояний между трещинами, отделяющие структурные блоки между собой к диаметрам этих блоков определяются как нелинейный процесс оруденения. Математическое развитие и детализация определяется фрактальностью, дискретностью распределения блоков и оруденения, мозаичность-инвариантность рудных и безрудных блоков. [20,33]

Блочность. Именно блочное иерархическое строение деформируемых твердых тел и сред (которое уже фактически обосновано накопленными к настоящему времени экспериментальными данными, что и будет продемонстрировано в ходе изложения) является также свидетельством того, что нет принципиальной разницы между хрупкими и пластичными материалами и средами или между пластичностью, проявляемой нагружаемыми металлами, и разрушением геоматериалов и геосред, если анализировать эти процессы деструкции с точки зрения эволюции иерархических систем и синергетики (что не исключает специфики конкретных физических механизмов).

Итак, нагружаемые материалы и среды рассматриваются как нелинейные динамические иерархически организованные системы, эволюция которых под внешними воздействиями происходит по законам синергетики. Причем эволюция нагружаемых твердых тел и сред рассматривается как частный случай общей теории эволюции.

Такая общая эволюционная теория открытых самоорганизующихся систем складывается к настоящему времени как нелинейная динамика различных систем, ее становление связано с известными работами: И. Пригожина, С.П. Курдюмова, Князева, Г. Хакена, А.А. Самарского, Ахромеева, Г.Г. Малинецкого, Б. Мандельброта [1,7,10,16,17,18,19,23,34]. Идеи, методы и подходы нелинейной динамики, примененные к деформируемым твердым телам, однозначно свидетельствуют, что прочные среды являются одними из ярких представителей самоорганизующихся под внешними воздействиями систем [15].

Инвариантность блоков. Дезинтеграция и разуплотнение/дилатансия среды/ массива горных пород, определяются составляющими системы, в которой по подсистемам развиваются различающиеся условия нагружения (напряжение и деформация) по включениям жестких или мягких/податливых блоков (stiff and rigid inclusions). В массиве горных пород, включающего податливые/мягкие блоки при их нагружении со стороны более жесткого массива горных пород, преобладает разрушение без динамической составляющей в момент достижения ими предела прочности, что обусловлено накоплением в них трещин. Эти блоки представляют собой трещиноватую среду. В этом случае нагрузка на такие блоки распределяется таким образом, что их нагружение происходит в режиме задаваемых деформаций. А при мягком нагружении, реализуемом в горном массиве, включающем в себя жесткие блоки, вся нагрузка концентрируется на них. А при достижении внешней нагрузкой величины их прочности, вся накопленная в окружающем массиве энергия резко разгружается в возникающие трещины или в подготовленный/существующий очаг разрушения с предельной концентрацией в нем трещин, или в имеющуюся в структуре трещину Гриффитсовского размера и разрушение протекает хрупко с динамическими проявлениями - выделением энергии. Т.е. в этом случае нагружение происходит в режиме задаваемых напряжений [2,3,9,4,5,15,], рис.2, А.

Мозаичность дискретных контуров оруденения.

Зоны разуплотнения с интенсивной трещиноватостью связываются с процессом мобилизации рудных компонентов из их источника, транспортирования и аккумуляция в аномально концентрированной форме- система условий формирования месторождения[22,38]. В верхней(сейсмогенной части земной коры, где реализуются механизмы упруго-хрупкого разрушения пород с перемещением флюидов вдоль системы проницаемых каналов с оптимальными для рудоотложения параметрами- гидравлический градиент, температурный градиент, напряженно-деформационное состояние пород, внутрипоровое давление флюидного давления, разрушение минеральных агрегатов в трещинно-поровом пространстве[20], рис.2, Б.

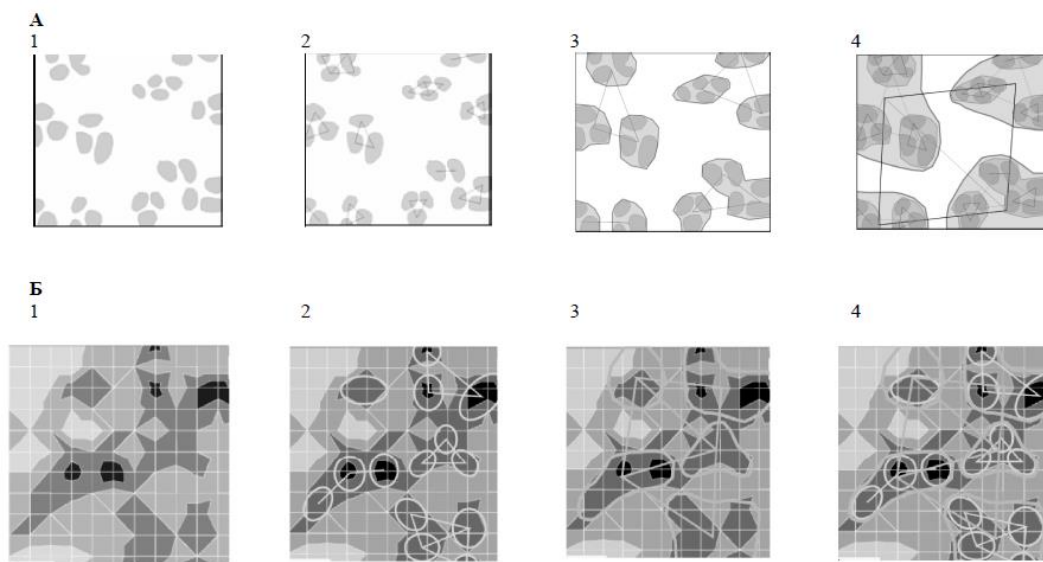


Рисунок 2 - Модельные примеры последовательного (1, 2, 3, 4) установления иерархически упорядоченной кластерной структуры, обладающей фрактальными свойствами: А – карта распределения участков аномальных концентраций золота в эксплуатационном блоке. Б - карта максимумов проявления интенсивности трещиноватости (размер ячейки 1 м) [20].

Концентрационные ядра оруденения являются зонами интенсивной трещиноватости, вероятно с наложенным и/или переотложенным золото кварцевым оруденением. Размерность концентрационных ядер оруденения определяется размерами $L_n L$. Вероятно, морфологические и концентрационные ядра оруденения имеют дискретный характер развития, проявленный масштабированной иерархией самоподобия (фрактальность). На основе чего возможна разработка инструмента прогноза локализации и размерности морфологических и концентрационных ядер оруденения на основе скейлинга.

«По вещественному составу руды месторождения Джеруй относятся к единому промышленному типу - кварц-золоторудному убого сульфидному. Количество сульфидов не превышает 1 %. По геологическим данным рудные тела представлены кварцевыми жилами, прожилками в измененных вмещающих гранодиорита. Основной рудный компонент – золото - распределен в рудном кварце в виде мельчайшей вкрапленности. Поэтому содержание металла в рудах, как правило, прямо пропорционально степени окварцевания. В центральных сильно окварцованных участках рудных тел и в кварцевых ядрах содержание золота обычно колеблется от 5 до 30 г/т, очень редко достигая 50-100 г/т. В слабо окварцованных периферийных участках рудных тел оно снижается до 1-5 г/т, а сами рудные тела окружены широким ореолом слабого окварцевания с содержанием золота до 1 г/т [19].

Исследования выполнены на основе рудной модели по блок-модели полученной в результате эксплуатационной разведки верхней части штокерка Северо-западный бурением разведочных скважин по сети 20 x 20м (10 профилей, 66 разведочных скважин) с горизонта 3600м на глубину до 60-120м с отбором керновых проб в 1пог.м и аналитическими работами на золото, определение до 0,05г/т (6578 проб). Создана каркасная и блочная модель оруденения по градации >0,3; >0,6; >0,9; <2,4г/т; > 2,4г/т; > 3г/т; >5г/т [36].

Для исследования модели дискретности, мозаичности характеристик оруденения представленные данные выделены по бортовому содержанию до 1,46г/т (подземные ресурсы, ТЭО 2022г), и по градации 1,46-2,99г/т; 3,0-5,99г/т; 6,0-11,9г/т; 12,0-23,9г/т; 24,0-48,0г/т >48,0г/т. Интервалы представленных классов содержаний выделены с включением не кондиционных перерывов с содержанием менее 1, 46г/т до 2-4 м. Более 4м не кондиционные интервалы выделены как безрудные перерывы. Рудные и безрудные блоки в проекции на вертикальную плоскость по профилям, по вертикали и простираем между профилями - морфологически изучены на развитие контуров блоков оруденения по классам содержания золота и по классу не кондиционных содержаний.

Метод исследования.

1. Характеристики мозаичности блоков дискретных подсистем для диагностики и оценке орудения по: мозаичность рудных блоков к безрудным блокам и детализация ядра орудения- мозаичность переходных зон-блоков (сортировка по Круд и/или МПС). Размерность, распределение и средние содержания концентрированные по рудным блокам и общие для мозаичности. Оценка оруденения для целей разведки и оценки дискретного блочного мозаичного оруденения. Контур и оруденение.

2. Разведочная сеть 40x 40м x 80м по 4 разведочным скважинам, определяются размерностью $L=50,4м$; $L_n L=4,38$. Сопоставим с ранее изученной дискретной подсистеме $N \times 10м$ со степенным иерархическим отношением к системе разведочной модели $N \times 100м$ $L_n L=4,7$ в степени 1,2.

3. Разведочные сети 20x20 x80м и 80x80x80м, каждая измеренная по 4 разведочным скважинам имеют размерность соответственно, $L_n L_{20}=3,46$ и $L_n L_{80}=4,38$. И не относятся к последовательным дискретным подсистемам системы N - разведочной сети. И изучены традиционными методами анализа плотности и формы разведочной сети от регламентированной сети 40x40м (эталонная) с целью обоснования возможности применения для разведки и оценки и сопоставления от дискретных подсистем к примеру: $N-2 \Rightarrow N-1 \Rightarrow N$.

4. Исследование разведочной сети аналогично методике определения и измерения мозаичности дискретных подсистем, гипотеза и обоснование для экстраполяции метода разведки фрагмента месторождения на основе фрактальности дискретных подсистем и мозаичности по степенному значению распределения дискретных подсистем от фрагментарно изученного меньшей подсистеме к включающей ее систем и далее из соотношения $N+2 \Rightarrow N+1 \Rightarrow N$

Созданы рабочие подсистемы разведочной сети, гипотеза разведанного фрагмента. Где требуется выяснить тождественность мозаичности подсистем по распределению и расположению блоков, соответственно руды и средних содержаний золота по блокам ядра, переходных зон и безрудных зон. Для проверки гипотезы производятся сравнения с системой- разведочной моделью и профилями разведочной модели.

Где разведочные подсистемы по разведочной сети не являются тождественными подсистемам разведочной модели, изученной на дискретность и мозаичность дискретных подсистем. Так как не отражают размерность по степенному размеру подсистем к системе $L_n/L_{n+1}=1,2$., но измеренные блоки по разведочной сети относятся к ряду сгущения и разряжения разведочной сети в рамках дискретных подсистем $N \times 10$ м, тождественность которых между собой следует проверить методами разряжения плотности и формы разведочной сети по сопоставлению параметров оруденения(содержанию Au и запасам), погрешности и ошибок собственной модели. Исходя из традиционных методов обоснования методики разведки и оценки запасов, от разведочной сети 40×40 м, рекомендованной Инструкцией по применению классификации запасов для месторождений 3-й группы сложности к каковой относится исследуемое золоторудное месторождение Джеруй.

1. Измерение мозаичности блоков как дискретной подсистемы 40×40 м(размерность, распределение рудных, переходных и безрудных) по отношению к среднему показателю по профилю для разведочной модели.

2. Измерение кроме мозаичности, измерение руды, содержания по рудным, переходным блокам, и в совокупности по мозаичности рудные + переходные + безрудные.

3. Сравнение мозаичности, запасов по мозаичности, запасам(по совокупности и отдельно для рудных, переходных и за исключением безрудных блоков для модели 40×40 м и средние показатели по аналогии разведочной модели для среднего профиля. В модели. Расчет погрешности

4. Сравнение мозаичности, запасов, среднего содержания по мозаичности и отдельно для рудных и переходных блоков оруденения разведочной модели и блока разведочной модели 40×40 м. С погрешностями. И по соотношению степенных коэффициентов, размерности, объема руды, запасов, содержания. Отражает ли закономерность дискретных подсистем.?- основная цель.

5. Расчеты мозаичности блоков и запасов, содержания для разведочной сети 20×20 м

6. Расчеты мозаичности блоков и запасов, содержания для разведочной сети 80×80 м

7. Сравнение погрешностей по методике анализа плотности и формы разведочной сети моделей 40×40 к 20×20 и к 80×80 м.- методы графоаналитический, математико-статистический и аналитический(статьи по анализу разведочной сети и погрешностям для Джеруя обзор литературы, методика.

8. Измерения произвести по 4 угловым скважинам: при кондициях бортовое 1.46 г/т , МПС $2,1 \text{ г/т}$. рудные, переходные и безрудные блоки. Размерность, запасы, содержания, Коэффициент рудоносности (Круд).

Замеры; 40×40 м профили 3 и 5, профиль 3, скв. 53 и 50; профиль 5, скв.35 и 33; всего $367,7 \text{ пог.м}$.

Замеры 80×80 м профили 3 и 7, профиль 3, скв.54 и 49; профиль 7, скв. 21-1 и 18; всего 382 пог.м .

Замеры 20×20 м профили 1 и 2. Профиль 1, скв. 65 и 63; профиль 2, скв. 60 и 58; всего $244,4 \text{ пог.м}$.

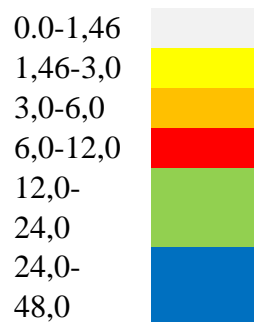
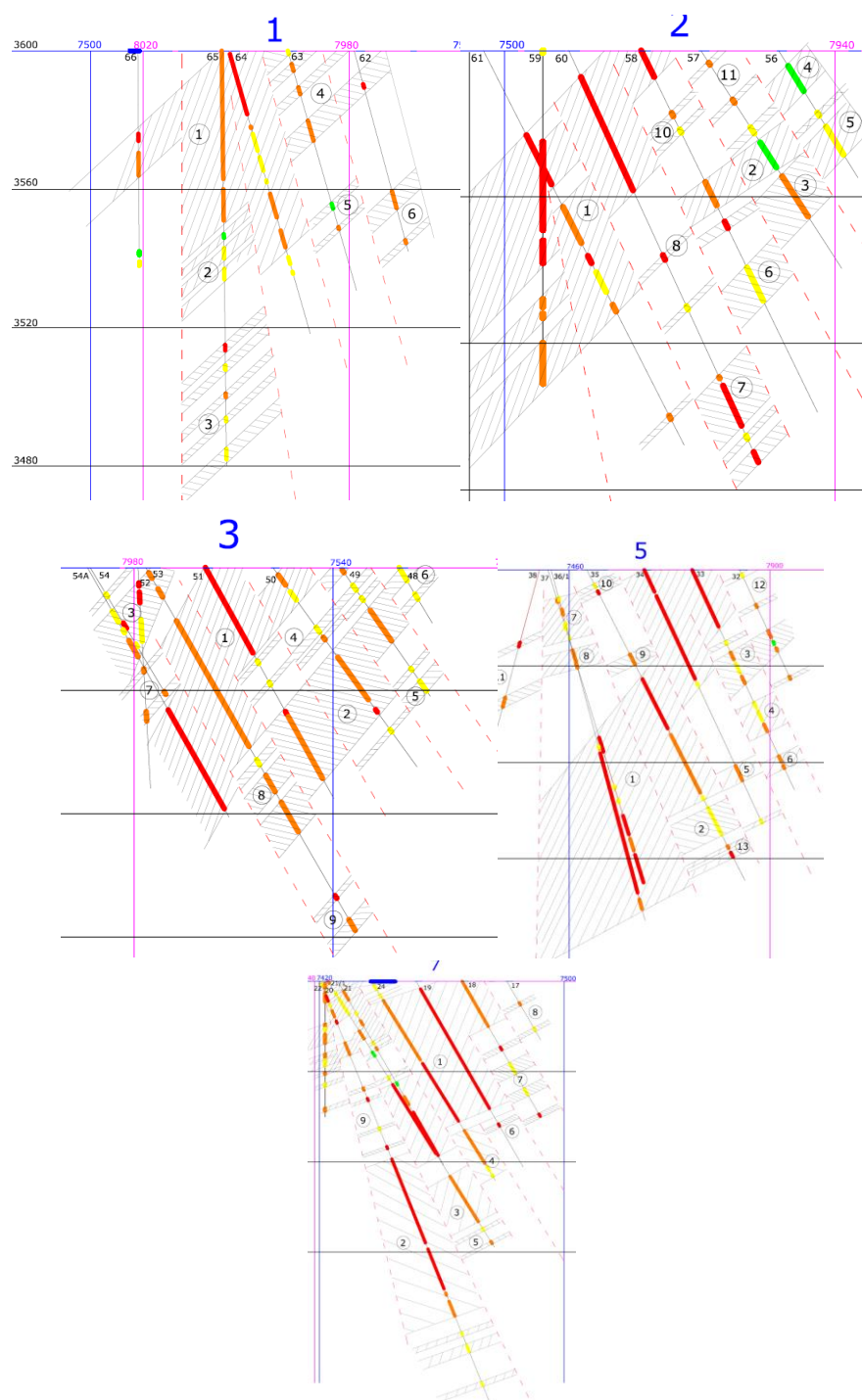


Рисунок 3 - Разрезы по профилям, разведочные скважины, распределение золота по блокам по классам содержаний(среднего на блок)[36].

Результаты исследования.

Мозаичность дискретных подсистем. Блочная организация оруденения месторождения Джеруй определяется мозаичностью распределения и расположения рудных и безрудных блоков, первый из которых формируется из блоков ядра оруденения и переходных зон- блоков периферийного оруденения.

Ядро оруденения, блоки с интенсивным и высоко продуктивным оруденением. Определяется как геотехнически обусловленная зона с интенсивной трещиноватостью. По характеру трещиноватости сплошная зона тектонического нарушения. Которая является рудо локализирующей и рудоконтролирующей зоной. С развитием аномальной зоны рудоотложения. Дискретность выделяется на иерархических уровнях от системы блока месторождения с развитием подсистем штокверковых. Зоны и блоки интенсивного оруденения выделяются в подсистемах штокверков как кварцевое ядро, ядро с высококонтрастным и не прерывным оруденением. На рис.1 блока месторождения выделяется как серия штокверковых тел(семь), в контуре которых выделяются контуры с кварцевым ядром на фоне вмещающих диоритов, ядром по промышленным кондициям в рамках бортового содержания в 1г/т и 2г/т. На рис. . разведочной модели исследования ядро выделяется по аномальному содержанию золота каркасного моделирования при содержаниях > 5 г/т.

Для целей определения характеристик ядра оруденения в рамках разведочной модели по профилям, моделям разведочных сетей и скважин ядро оруденения выделено по критериям: 1. Непрерывности оруденения с коэффициентом рудоносности >0.83; 2. По выдержанным средним содержаниям золота на интервал свыше 4-5г/т; 3. По интервалу интенсивного оруденения по падению свыше 8-10м.

Периферия оруденения, блоки переходного оруденения. Переходное оруденение геотехнически сформированы в зонах перехода интенсивной трещиноватости от ядра к вмещающим породам. Характеризуются меньшей степенью трещиноватости и соответственно уровня оруденения. Основная закономерность блоков периферийного оруденения — это собственная мозаичность по распределению и расположению-чередованию мелких блоков оруденения и безрудных блоков. Критерии выделения: 1. Коэффициент рудоносности менее 0,8-0,6(отдельные мелкие блоки с коэффициентом рудоносности, определяемой как $\sum \text{рудные} / \sum \text{Общее (Круд)}$ в 1,0; 2. Среднее содержание совокупности рудных и безрудных интервалов < 2-3 г/т;

Безрудные блоки. Геотехнически определяются зонами, блоками весьма низкой трещиноватости или без таковых, соответственно низкой степенью оруденения, включая окварцованные и рудное вещество. Занимают позицию межконтурных блоков между блоками ядра и периферийного оруденения и внутри переходного оруденения. Выделяются на основе критериев: 1. Размерность по вертикали свыше 5-8м; 2. Содержанию золота до 0,5г/т.

2.1 Разведочная модель

Для исследования параметров мозаичности блоков оруденения месторождения Джеруй, расчеты проведены графоаналитическим методом на основе 66 разведочных скважин, разбитые на 10 профилей, с разведочной сетью наблюдений в 20м, общее количество керновых проб более 6000.

На поперечных разрезах по профилям выделены блоки оруденения и безрудные блоки по критериям коэффициента рудоносности ($\sum n \text{ руд} / \sum N$), среднего содержания, размерности- выделенные для по блочных расчетом в таблицы. Расчетные показатели приведены по размерности: блоки по простиранию(L_1), мощности(L_2) и по падению(L_3). Размерность определялась как по зоне влияния простирания, мощности и вертикали (L, m

$=\sqrt[3]{L_1 * L_2 * L_3}$ и $\ln L$), для сопоставимости выделенные показатели измерены по мозаичности L_3 по вертикальным размерам h, m и $\ln h$ блоков мозаичности.

Для создания собственной геологической модели со статистически достоверными и надежными показателями выделенной мозаичности по блокам ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков, 90 рудных и 93 безрудных блоков из таблиц и разрезов рассортированы по типам мозаичности.

В таблице 1 и 2 приведены статистические параметры выборок блоков ядра оруденения и периферийного оруденения.

Таблица 1 - Статистические показатели блоков ядра оруденения(24 наблюдения)

параметры	Круд	$L_3=h$ по падению	L, m	Сср.
среднее	0,94	40,86	28,8	6,58
станд.откл	0,09	23,05	9,98	2,82
Квар.	0,09	0,56	0,35	0,43
оценка	равномерное	не равномерное.	равномерное	равномерное

Таблица 2 - Статистические показатели блоков периферии оруденения (66 наблюдений)

параметры	Круд	$L_3=h$ (по падению)	L, m	Сср.
среднее	0,63	15,65	16,72	2,72
станд.откл	0,27	10,23	5,02	1,75
Квар.	0,44	0,65	0,30	0,64
оценка	равномерное	не равномерное	равномерное	Не равномерное

Из которых следует, что распределение параметров в статистических выборках обладают в большей мере равномерным распределением по вариации признака Квар 0,09 до 0,43. И слабо на равномерное с вариацией от 0,56 до 0,65. Последние относятся к распределению содержаний золота и размерности блоков по паданию рудного тела.

Исходя из анализа статистики выборок разведочной модели по размерности и средним содержаниям золота, констатируется вывод средних параметров размерности и содержаний золота для блоков ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных межконтурных блоков обладают необходимой и достаточной надежностью исследования разведочной модели.

Вывод средних показателей размерности и содержаний золота по мозаичным блокам, приведены в таблицах 3 - блоки ядра оруденения; 4 - блоки периферии оруденения; таблица 5 - безрудные межблочные блоки.

Таблица - характеристики блоков ядра оруденения

	Круд	простираение	мощность.	вертикальная	м3	3√	Размерность	Ccp	LnC
	$\sum n$ руд\ΣN	L1	L2	l3	L1*L2*L3	l,m	LnL	г\т	
1	1	20	30,4	35,7	21705,6	27,9	3,3	5,82	1,76
2	0,83	20	38,4	67	51456,0	37,2	3,6	6,15	1,82
3	1	20	25,1	8,9	4467,8	16,5	2,8	9,32	2,23
4	1	20	14,5	13	3770,0	15,6	2,7	3,12	1,14
5	1	20	13,2	8	2112,0	12,8	2,6	12,88	2,55
6	1	20	51,5	80,9	83327,0	43,7	3,8	9,50	2,25
7	1	20	39,7	33,3	26440,2	29,8	3,4	4,28	1,45
8	0,92	20	37,5	43	32250,0	31,8	3,5	7,39	2,00
9	1	20	50,6	47	47564,0	36,2	3,6	7,20	1,97
10	1	20	23,1	39,2	18110,4	26,3	3,3	4,94	1,60
11	0,84	20	85,5	58,3	99693,0	46,4	3,8	5,99	1,79
12	1	20	13,9	12	3336,0	14,9	2,7	4,04	1,40
13	1	20	19	8,3	3154,0	14,7	2,7	5,40	1,69
14	0,94	20	44,3	40,9	36237,4	33,1	3,5	5,49	1,70
15	0,8	20	15,2	55,5	16872,0	25,6	3,2	4,78	1,56
16	0,95	20	59,7	41	48954,0	36,6	3,6	6,87	1,93
17	0,92	20	22,5	76,9	34605,0	32,6	3,5	8,50	2,14
18	0,97	20	43,8	74	64824,0	40,2	3,7	6,57	1,88
19	1	20	25,8	39,3	20278,8	27,3	3,3	14,74	2,69
20	0,67	20	25	9,6	4800,0	16,9	2,8	6,73	1,91
21	0,94	20	32,2	57,9	37287,6	33,4	3,5	6,69	1,90
22	0,83	20	23,2	39	18096,0	26,3	3,3	3,41	1,23
23	1	20	23,2	26	12064,0	22,9	3,1	4,14	1,42
24	0,98	20	60,5	65,9	79739,0	43,0	3,8	4,05	1,40
среднее	0,94	20	34,075	40,86	32131,0	28,8	3,3	6,58	1,81
Итого								6,58	

Таблица 4 - характеристики блоков периферии орудения

	Круд	простираение	ширина	вертикальная	м3	3√	Размерность	Ccp	LnC
	$\sum n$ руд\ΣN	L1	L2	l3	L1*L2*L3	l,m	LnL	г\г	
1	0,54	20	16,2	13	4212,0	16,1	2,8	2,31	0,84
2	0,23	20	20,8	35,3	14684,8	24,5	3,2	2,31	0,84
3	0,43	20	25,3	18,6	9411,6	21,1	3,0	1,72	0,54
4	0,25	20	13,7	7,5	2055,0	12,7	2,5	2,84	1,04
5	0,37	20	13,2	15,45	4078,8	16,0	2,8	1,98	0,68
6	0,74	20	13,2	13,5	3564,0	15,3	2,7	1,55	0,44
7	1	20	14,5	10	2900,0	14,3	2,7	2,56	0,94
8	0,63	20	13,9	25,6	7116,8	19,2	3,0	4,14	1,42
9	1	20	13,9	1,4	389,2	7,3	2,0	11,92	2,48
10	0,33	20	11,9	6	1428,0	11,3	2,4	1,11	0,10
11	1	20	13,2	1	264,0	6,4	1,9	4,65	1,54
12	0,53	20	19,23	28,6	10999,6	22,2	3,1	2,12	0,75
13	0,6	20	46,2	19	17556,0	26,0	3,3	1,74	0,55
14	0,56	20	34,6	9	6228,0	18,4	2,9	1,53	0,42
15	0,42	20	20	12	4800,0	16,9	2,8	1,91	0,65
16	0,46	20	16,1	13,3	4282,6	16,2	2,8	1,95	0,67
17	0,7	20	13,8	27	7452,0	19,5	3,0	3,44	1,23
18	0,23	20	13,8	13	3588,0	15,3	2,7	3,55	1,27
19	0,79	20	35,6	26,7	19010,4	26,7	3,3	2,68	0,99
20	0,78	20	12,5	19,1	4775,0	16,8	2,8	3,56	1,27
21	0,75	20	14,3	12,5	3575,0	15,3	2,7	3,40	1,22
22	0,19	20	13,1	22,1	5790,2	18,0	2,9	1,08	0,08
23	0,83	20	16,3	18,3	5965,8	18,1	2,9	2,11	0,75
24	0,75	20	18,8	20,8	7820,8	19,8	3,0	1,91	0,65

25	0,6	20	23,1	21,7	10025,4	21,6	3,1	1,32	0,28
26	1	20	13,8	10	2760,0	14,0	2,6	1,85	0,61
27	0,2	20	18,7	12,5	4675,0	16,7	2,8	0,85	-0,16
28	0,75	20	25	16,6	8300,0	20,2	3,0	1,57	0,45
29	0,43	20	12,5	3	750,0	9,1	2,2	2,09	0,74
30	0,35	20	27,5	37,5	20625,0	27,4	3,3	1,15	0,14
31	0,18	20	15,6	20	6240,0	18,4	2,9	1,39	0,33
32	0,54	20	25,3	18,3	9259,8	21,0	3,0	2,68	0,99
33	0,7	20	14	15,8	4424,0	16,4	2,8	2,23	0,80
34	1	20	13,9	12	3336,0	14,9	2,7	4,04	1,40
35	0,63	20	13,9	6,7	1862,6	12,3	2,5	2,67	0,98
36	0,3	20	13,9	17,5	4865,0	16,9	2,8	1,48	0,39
37	1	20	19	8,3	3154,0	14,7	2,7	5,40	1,69
38	1	20	15,8	5	1580,0	11,6	2,5	3,50	1,25
39	0,5	20	13	5,8	1508,0	11,5	2,4	2,82	1,04
40	1	20	12	4	960,0	9,9	2,3	5,67	1,73
41	0,54	20	25,3	18,3	9259,8	21,0	3,0	2,68	0,99
42	0,7	20	14	15,8	4424,0	16,4	2,8	2,23	0,80
43	1	20	13,9	12	3336,0	14,9	2,7	4,04	1,40
44	0,63	20	13,9	6,7	1862,6	12,3	2,5	2,67	0,98
45	0,3	20	13,9	17,5	4865,0	16,9	2,8	1,48	0,39
46	1	20	19	8,3	3154,0	14,7	2,7	5,40	1,69
47	1	20	15,8	5	1580,0	11,6	2,5	3,50	1,25
48	0,5	20	13	5,8	1508,0	11,5	2,4	2,82	1,04
49	1	20	12	4	960,0	9,9	2,3	5,67	1,73
50	1	20	16,9	26,9	9092,2	20,9	3,0	3,61	1,28
51	0,83	20	25,3	24,6	12447,6	23,2	3,1	3,84	1,34
52	0,6	20	16,9	4,6	1554,8	11,6	2,4	1,55	0,44
53	1	20	25,4	2,3	1168,4	10,5	2,4	7,63	2,03
54	0,38	20	14,1	26,8	7557,6	19,6	3,0	1,73	0,55

55	0,14	20	12,4	16,9	4191,2	16,1	2,8	1,22	0,20
56	0,5	20	28,1	56,9	31977,8	31,7	3,5	1,68	0,52
57	0,35	20	30,1	33,3	20046,6	27,2	3,3	1,53	0,42
58	1	20	13,1	8,1	2122,2	12,9	2,6	2,80	1,03
59	0,42	20	13,1	18,5	4847,0	16,9	2,8	1,36	0,31
60	0,53	20	15,3	19,3	5905,8	18,1	2,9	2,46	0,90
61	0,27	20	12,9	31,3	8075,4	20,1	3,0	1,37	0,31
62	0,53	20	13,3	16,2	4309,2	16,3	2,8	1,32	0,28
63	0,7	20	15,1	30,1	9090,2	20,9	3,0	1,85	0,61
64	1	20	13,3	4,5	1197,0	10,6	2,4	3,26	1,18
65	0,31	20	17,2	11,6	3990,4	15,9	2,8	1,42	0,35
66	1	20	20	4	1600,0	11,7	2,5	1,75	0,56
Среднее	0,63	20	17,6	15,6	6006,0	16,7	2,8	2,72	0,86
Итого:								2,22	0,80

Таблица 5 - статистика и средние показатели межконтурных безрудных блоков разведочной модели

№пофиля	Измеренные показатели размерности блоков по профилям				Среднее по отдельным блокам			Средние, размерность по падению	
	L ₁ *L ₂ *L ₃	l,m	LnL	кол-во	м3	l,m	LnL	h, м	lnh
1	27508	30,2	3,4	3	9169,3	20,9	3,04	23,0	3,13
2	49685	36,8	3,6	12	4140,4	16,1	2,77	12,1	2,49
3	68486	40,9	3,7	10	6848,6	19,0	2,94	12,1	2,49
4	72719	41,7	3,7	17	4277,6	16,2	2,79	9,6	2,26
5	59135	39,0	3,7	12	4928,0	17,0	2,83	10,9	2,39
6	62394	39,7	3,7	13	4799,6	16,9	2,82	13,2	2,58
7	50470	37,0	3,6	13	3882,3	15,7	2,75	7,9	2,07
8	28017	30,4	3,4	7	4002,4	15,9	2,76	8,4	2,13
9	23500	28,6	3,4	6	3916,7	15,8	2,76	10,4	2,34
10				0					
Всего:	441914	76,2	4,3	93					
Среднее:	49102	36,0	3,6	9,3	5107,2	17,1	2,83	12,0	2,48

Средние характеристики размерности по элементам мозаичности блоков разведочной модели, включая параметры оруденения по среднему содержанию золота, запасам руды и золота, приведены в таблице 6.

Таблица 6 - характеристики мозаичных блоков разведочной модели

Среднее:	кол- во блоков	h, м среднее	lnh- сред.	L,m	LnL	Au,г/т	LnC
блоки ядра	24	40,9	3,7	28,8	3,4	6,58	1,88
блоки периферии	66	15,6	2,7	16,7	2,8	2,22	0,80
Итого рудные:	90	56,5	4,0	45,5	3,8	5,10	1,63
Безрудные	93	12,0	2,5	36,6	3,6	0,50	-0,69
Всего:	183	68,5	4,2	82,2	4,4	3,84	1,34

Блоки разведочной модели по относительным параметрам размерности и оруденения приведены в таблице 7.

Таблица 7 - относительное распределение характеристик и блоков мозаичности разведочной модели, в %

Среднее:	по кол-ву блоков,%	по h м сред,%	по L,m сред,%	по C _{ср} , г/т.%
блоки ядра	13,1	60	35	172
блоки периферии	36,1	23	20	58
Итого рудные:	49,2	82	55	133
Безрудные	50,8	18	45	13
Всего:	100,0	100	100	100

Мозаичность блочного строения контура оруденения изученной модели представлена по количеству рудных и безрудных блоков в пропорции 50:50. Средняя размерность блоков или по объему в минерализованном контуре ,ядро оруденения составляет более 1/3 от объема и в сумме с блоками периферии оруденения практически равны объему занимаемому безрудными блоками. У ядре оруденения концентрация золота по содержанию более чем в 1,7 раза превышают среднее содержание в минерализованном контуре. Что соответствует концентрации 96% запасов золота в 73% объема рудных блоков. Оруденения периферийных блоков концентрирует чуть больше 10% запасов, занимая четверть минерализованного объема.

Объем безрудных блоков до 45% от общего минерализованного контура, в практике доминирующей частью, формирующей промышленный контур оруденения и влиянием на промышленную руды как фактор снижения концентрации золота по содержанию и запасам-первичное разубоживание балансовой руды в недрах. Половина контура минерализации относимой к контуру оруденения и размерность безрудных блоков до L,m в 36,6 и до h,m = 12м в среднем, позволяет выделить концепцию об геомеханическом и геотехническом использовании этого фактора- использовать понятие « опорные целики из не изымаемых из недр безрудных блоков»[Ермошкин Д.Н. и др. 2023г;НИОКР 2024г; Чуприн и др.- 2024г.], что в значительной мере изменяет не только безопасность очистного пространства[не линейная геомеханика: Опарин, Курленья, 1999г; Ермошкин и др. 2023г; Чуприн и др. 2024г], но в первую очередь сокращает объемы горных работ, переработки и извлечения и т.д., таким образом имеет влияние и прямо коррелируется с затратами- экономикой, промышленными кондициями(по бортовому и МПСх[НИОКР, Ермошкин.. 2023г] и

соответственно с запасами и стоимостной оценкой горного проекта. В связи с чем выделение размерности и распределения мозаичных блоков в первую очередь рудных и безрудных имеет весьма значительное значение и влияние на методы оценки кондиций, запасов, горного проекта в целом и является новым фактором для обоснования методики разведки на основе мозаичности блочной организации оруденения.

Анализ моделей разведочных сетей. Параметры блоков мозаичности разведочной сети 20х20м. Разведочная модель 20 х20м построена по четырем разведочным скважинам №№ 63,65,58,60; профили №1,2 разведочной модели. Статистика выборки, 220 керновых проб, в среднем по 55 на скважину. Выделяется 23 блока в разведочном контуре, минимальная требования для надежности статистических данных удовлетворительно, таблица 8.

Таблица 8 - Вывод параметров мозаичности и оруденения по разведочным скважинам

	Скв.63(6 блоков)			скв.65(5блоков)		
	h,м	m*с	Aуг/т.	h,м	m*с	Aуг/т.
∑h ядро	0	0	0	35,2	208,2	5,91
∑h периф	25,5	56,80	2,23	10,0	30,1	3,02
∑h безруд.	27	24,72	0,92	5,4	6,8	1,26
∑Н	52,5	81,5	1,55	50,6	245,1	4,85
	скв.58(6 блоков)			скв.60(5 блоков)		
	h,м	m*с	Aуг/т.	h,м	m*с	Aуг/т.
∑h ядро	21	181,8	8,66	8	58,1	7,26
∑h периф	3	8,2	2,72	20	47,2	2,36
∑h безруд.	19,4	11,12	0,57	26	9,5	0,36
∑Н	43,4	201,12	4,63	54	114,7	2,12

Усреднённые данные мозаичности по размерности и распределению блоков в разведочном контуре приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Вывод параметров оруденения и ресурсов модели разведочной сети 20 х20м

блоки	h,м	среднее	lnh	Сср.г/т	lnC
∑h ядро	64,2	16,06	2,8	5,97	1,79
∑h периф	58,5	14,61	2,7	2,31	0,84
∑руд.	122,7	30,67	3,4	4,32	1,46
∑h безруд.	77,8	19,44	3,0	0,66	-0,42
∑Н	200,5	50,11	3,9	2,98	1,09

По модели разведочной сети 20х20м х 55м получены статистически достаточно надежные данные по размерности, распределению, размещению и параметров оруденения для блоков ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков. Все параметры находятся в пределах случайной ошибки в сравнении с данными разведочной модели. Погрешности размерности по h, м блоков мозаичности разведочной сети от разведочной модели, вероятно связаны с идентификацией и измерения.

Параметры блоков мозаичности модели разведочной сети 40х40м.

Разведочная модель 40 х40м построена по четырем разведочным скважинам №№ 50,53,33,35; профили №3 и 5 разведочной модели. Статистика выборки, 370 керновых проб, в

среднем по 93 на скважину. Выделяется 23 блока в разведочном контуре, требования к выборке для надежности статистических данных хорошая. Разведочная сеть и выборка надежна и достоверна для разведочной сети месторождений третьей группы геологической сложности для классификации запасов по категории С₁(коэффициент вариации распределения золота не равномерное; инструкции ГКЗ КР по классификации запасов золоторудных месторождений), таблица 10.

Таблица 10 - Вывод параметров мозаичности и оруденения по разведочным скважинам

	скв.50(5 блоков)			скв.53(5 блоков)		
	h,м	m*с	Auг/т.	h,м	m*с	Auг/т.
Σh ядро	17	74,37	4,37	58	421,4	7,27
Σh периф	35	54,67	1,56	30	58,7	1,96
Σh безруд.	11	4,36	0,40	9	3,2	0,36
ΣН	63	133,4	2,12	97,0	483,4	4,98
	скв.33(7 блоков)			скв.35(6 блоков)		
	h,м	m*с	Auг/т.	h,м	m*с	Auг/т.
Σh ядро	26	156,5	6,02	50,0	328,9	6,58
Σh периф	37,4	79,7	2,13	35,0	60,1	1,72
Σh безруд.	27,6	11,4	0,41	28,5	8,7	0,31
ΣН	91	247,6	2,72	113,5	397,7	3,50

Усредненные данные параметров мозаичности и оруденения модели разведочной сети 40х40м приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Средние параметры мозаичности и оруденения по разведочному контуру 40х40м

блоки	h,м	среднее	lnh	Cср.г/т	lnC
Σh ядро	151	37,8	3,22	6,50	1,87
Σh периф.	137,4	34,4	2,52	1,84	0,61
Σруд.	288,4	72,1	3,63	4,24	1,44
Σh безруд.	76,1	19,0	2,54	0,36	-1,01
ΣН	364,5	91,1	3,92	3,47	1,24

По модели разведочной сети 40х40м x 91м получены статистически надежные данные по размерности, распределению, размещению и параметров оруденения для блоков ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков. Все параметры находятся в пределах случайной ошибки в сравнении в данных разведочной модели. Погрешности размерности по h, м блоков мозаичности разведочной сети от разведочной модели, вероятно связаны с идентификацией и измерения. В целом модель разведочной сети эквивалента параметрам разведочной модели и модели разведочной сети 20 х20м.

Параметры блоков мозаичности модели разведочной сети 80х80м. Разведочная модель 80 х80м построена по четырем разведочным скважинам №№ 49,53,18,21/1; профили №3 и 7 разведочной модели. Статистика выборки, 360 керновых проб, в среднем по 90 на скважину. Выделяется 25 блоков в разведочном контуре, требования к выборке для надежности статистических данных достаточная и надежная, таблица 12.

Таблица 12 - Вывод параметров мозаичности и оруденения по разведочным скважинам

	скв.49(5 блоков)			скв.53(5 блоков)		
	h,м	m*с	Auг/т.	h,м	m*с	Auг/т.
∑h ядро	12	45,6	3,80	58	421,4	7,27
∑h периф	25	33,3	1,33	30	58,7	1,96
∑h безруд.	11	5,2	0,47	9	3,2	0,36
∑Н	48	84,1	1,75	97,0	483,4	4,98
	скв.18 (6 блоков)			скв 21\1(9 блоков)		
	h,м	m*с	Auг/т.	h,м	m*с	Auг/т.
∑h ядро	23	118,3	5,14	59,5	325,3	5,47
∑h периф	28	57,0	2,04	42,5	86,1	2,03
∑h безруд.	18	9,8	0,54	32,0	13,6	0,42
∑Н	69	185,1	2,68	134,0	425,0	3,17

Усредненные данные параметров мозаичности и оруденения модели разведочной сети 40х40м приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Средние параметры мозаичности и оруденения по разведочному контуру 40х40м

блоки	h,м	среднее	lnh	Ccp.г/т	lnC
∑h ядро	152,5	38,1	3,64	5,97	1,79
∑h периф	125,5	31,4	3,44	1,87	0,63
∑руд.	278,0	69,5	4,24	4,12	1,42
∑h безруд.	70,0	17,5	2,86	0,45	-0,79
∑Н	348,0	87,0	4,46	3,38	1,22

По модели разведочной сети 80х80м х 87м получены статистически надежные данные по размерности, распределению, размещению и параметров оруденения для блоков ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков. Все параметры. Все параметры находятся в пределах случайной ошибки в сравнении с данными разведочной модели. Погрешности размерности по h, м блоков мозаичности разведочной сети от разведочной модели, вероятно связаны с идентификацией и измерения. В целом модель разведочной сети эквивалента параметрам разведочной модели и моделям разведочных сетей 20 х20м и 40 х40м.

Сопоставление разведочных моделей по мозаичности, дискретности и параметрам оруденения. Выявляемые закономерности блочной организации оруденения золоторудного месторождения Джеруй определяются сопоставлением основных показателей мозаичности четырёх моделей оруденения: первая- собственная геологическая модель-разведочная модель на основе 66 разведочных скважин и более 6000тыс. керновых проб; вторая, разведочная сеть 80х80м на основе четырех скважин и 382 керновых проб; третья- модель разведочной сети 40 х 40м на основе четырех скважин и 367 керновых проб; четвертая- модель разведочной сети 20х 20м на основе четырех скважин и 244 керновых проб.

Расхождение по различным параметрам мозаичности приведены по формуле:

Расхождение, % = (разведочная модель – модель разведочной сети)/ разведочная модель x 100.

Сопоставление мозаичности по размерности и распределению блоков по типам оруденения. Анализ расхождения размерности блоков мозаичности приведен в таблице 14. По средним показателям типов блоков по средним линейным показателям, соответственно ядра оруденения, периферии оруденения(переходные зоны), сумма рудных блоков и безрудные блоки по h,м, по формуле: $(h_1-h_2)/h_1 \cdot 100$, %.

Таблица 14 - Анализ расхождения размерностей мозаичных блоков

средние показатели	разведочная модель	80x80	40x40	20 x 20	1к 2, %	1 к 3, %	1 к 4, %
h,м	1	2	3	4			
h ядро оруд.	40,9	38,1	37,8	18,8	6,8	7,6	60,7
h,перифер.оруд.	15,6	31,4	34,4	15,4	-100,7	-119,5	6,6
hядро+hпериф	56,5	69,5	72,1	34,1	-23,0	-27,6	45,7
h,безрудн.	12,0	17,5	19,0	19,9	-45,8	-58,5	-62,0
ΣН	68,5	87	91,1	54,0	-27,0	-33,0	26,8

В таблице 15 приведены показатели распределения блоков мозаичности по количеству типов оруденения и безрудных блоков в %.

Таблица 15 - Распределение блоков мозаичности по типам и сравнительным моделям, %

	разв.модель	80x80	40x40	20x20
Σh ядро	59,6	43,8	41,4	32,1
Σh периф	22,8	36,1	37,7	29,2
Σруд.	82,5	79,9	79,1	61,2
Σh безруд.	17,5	20,1	20,9	38,8
ΣН	100,0	100,0	100,0	100,0

Расхождение моделей разведочных сетей по размерности мозаичных блоков, по суммарной длине составляет от 26 до 33%, что в целом для трех разведочных сетей может квалифицироваться в целом удовлетворительно. Расхождение по длинам ядра оруденения для значительно более низкой статистической выборки сети 20x20м достигающего более чем двухкратного завышения против разведочной сети. Расхождение по двум сетям со значительно более высокой статистикой наблюдений по ядру оруденения показывает сходные результаты. И по этим двум разведочным сетям отмечается двухкратное завышение длин блоков периферии оруденения и практически двух кратное завышение длин по безрудным блокам. В целом сопоставление размерности элементов мозаичности в сравнении с разведочной моделью (собственная геологическая модель блочного мозаичного оруденения) показывает общую эквивалентность мозаичного строения по структуре с высоким уровнем расхождения по блокам периферии оруденения и безрудным блокам.

Удовлетворительность результатов иллюстрируется хорошей степенью сходимости блочной мозаичности по распределению блоков, с практическим отсутствием расхождений от 10 до 20%. Вероятно, высокая степень сходимости распределения блоков мозаичности подчеркивает закономерный характер блочного строения оруденения и является

обоснованием для возможности внедрения методики разведки и оценки оруденения на основе оценки мозаичной структуры блочного строения оруденения.

Сопоставление средних содержаний золота. В таблице 2.3.2.1 приведены данные сопоставления по расхождению в % средних показателей в г/т и логарифмированных средних содержаний.

Таблица 16 - Сопоставление средних содержаний золота по типам блоков мозаичности и разведочным моделям

разведочная модель	Модель	80x80	расх. %	40x40	расх. %	20x20	расх. %
Σh ядро, г/т	6,58	5,97	9,3	6,50	1,3	5,97	9,3
Σh периф, г/т	2,22	1,87	15,4	1,84	16,9	2,31	-4,3
Σ рудн., г/т	5,10	4,12	19,2	4,24	16,9	4,32	15,2
Σh безруд., г/т	0,50	0,45	9,2	0,36	27,3	0,66	-31,2
ΣH , г/т	3,84	3,38	11,8	3,47	9,6	2,98	22,5
Σh ядро, LnC	1,88	1,79	5,2	1,87	0,7	1,79	5,2
Σh периф, LnC	0,80	0,63	21,1	0,61	23,2	0,84	-5,3
Σ руд., LnC	1,63	1,42	13,1	1,44	11,3	1,46	10,1
Σh безруд., LnC	-0,69	-0,79	-14,0	-1,01	-46,0	-0,42	39,2
ΣH	1,34	1,22	9,4	1,24	7,5	1,09	18,9

В практике применения и обоснования методики разведки и оценки оруденения в первую очередь детализируется и рассматриваются характеристики распределения и значений средних содержаний полезного компонента. Сопоставление на основе средних содержаний золота между собственной геологической моделью на основе более чем 6000 керновых проб с малыми выборками от 250 до 380 проб полученных при анализе моделей разведочных сетей с выделением мозаичных блоков показатели значений по содержаниям в грамм на тонну имеют расхождение от первых единиц % для ядра оруденения и до 15-19% для периферии оруденения; и со значительными отклонениями от -31% до + 27% для безрудных блоков не имеющих значения для оценки оруденения на основе методики оценки блочной организации оруденения(в связи с рассмотрением исключения безрудных блоков из контуров оруденения при промышленной разработке-отнесение крупных по размерности безрудных межконтурных блоков к геотехнологическому ряду оставленных опорных целиков геотехнологии добычных работ). Применение методики оценки среднего содержаний на основе усреднения по мозаичным блокам через логарифмирование значений в еще больше степени оценивается как достоверные и надежные показатели параметров оруденения. И допустима для методики разведки и оценки на основе блочной организации оруденения.

Расхождение по содержанию золота для моделей разведочных сетей допустимы и надежны для классификации запасов по содержанию золота для категории С₁, по инструктивным и методическим требованиям и рекомендациям ГКЗ КР, РФ и РК.

Анализ дискретных подсистем блочности оруденения. Основная характеристика закономерности блочной организации оруденения относится категория дискретность.

Разведочная модель и модели разведочной сети исследованы на дискретность размерностей блоков по $L_n L$, с учетом влияния скважин и разведочных сетей по пространству (L_1) и мощности (L_2) в совокупности с длиной блоков оруденения по падению оруденения ($L_3 = h, m$). В таблице 17 приведена степенная иерерхия мозаичных блоков отношения логариямов размерности.

Таблица 17 - Дискретности мозаичных блоков моделей дискретных подсистем: разведочная модель-модель разведочной сети 40x40 м и модель разведочной сети 20 x20м

	Разв.модель	Разведочная сеть 40 x 40		Разведочная сеть 20x20	
блоки	$L_n L \ N \times 100$	$L_n \ N40$	$L_n N / L_n \ N40$	$L_n N20$	$L_n N40 / L_n N20$
h ядро оруд.	4,49	3,67	1,2	2,97	1,2
h, перифер. оруд.	4,17	3,64	1,1	2,91	1,3
hядро+hпериф	4,60	3,88	1,2	3,17	1,2
h, безрудн.	4,08	3,44	1,2	2,99	1,1
ΣH	4,66	3,96	1,2	3,32	1,2

Модель разведочной сети 40 x 40м является первой дискретной подсистемой для разведочной модели и модель разведочной сети 20x20м является подсистемой предыдущей модели и второй по иерархии подсистемой разведочной модели. Иерархия дискретных подсистем выражена через степень 1,2, при этом все элементы мозаичности блоков подсистем находятся в едином диапазоне степенной иерархии.

Таким образом исследованные разведочные модели составляют ряд дискретных подсистем, таблица 18.

Таблица 18 - Ряд дискретных подсистем от системы разведочной модели

L_1	L_2	L^3	$L_1 * L_2 * L_3$	$L, m = 3\sqrt{L_1 * L_2 * L_3}$	$L_n L$			Иерархия
220	80	68,5	1205707	106,4	4,66	$N \times 100$	Разведочная модель-система	N
80	80	87	556800	82,3	4,41	$N \times 10$	Не определено	N?
40	40	91,1	145800	52,6	3,96	$N \times 10$	Подсистема	N ₁
20	20	54	21590	27,8	3,32	$N \times 10$	подсистема	N ₂

Дискретные подсистемы исследованных моделей разведочной и разведочной сети относятся к подсистеме штокверков месторождения Джеруй. В соответствии с рядами дискретных подсистем установленных для месторождения ранее [ссылка на статью №1 дискретность Джеруй], таблица 19.

Таблица 19 - Степенная иерархия блоков Северо-западного штокверка месторождения Джеруй

L,m	LnL	Ln+1\Ln
111,3	4,7	1,2
69,6	4,2	1,1
41,23	3,92	1,2
25,11	3,27	1,2
15,29	2,73	1,2
9,31	2,27	1,2
5,67	1,89	1,2
3,45	1,58	1,2
2,10	1,31	1,2
1,28	1,10	1,2
0,78	0,91	1,2
0,48	0,76	1,2
0,29	0,63	1,2
0,18	0,53	1,2
0,11	0,44	1,2
0,07	0,37	1,2
0,04	0,31	1,2
0,02	0,25	1,2

Таким образом разведочная модель соответствует дискретной системе штокверка и моделей разведочных сетей подсистемам 3 и 4 штокверка. Чем иллюстрируется тождественность мозаичной блочности исследованных моделей дискретным подсистемам месторождения Джеруй.

Дискретность является основной характеристикой природной универсальной закономерности блочной организации оруденения. Тождественность этому постулату мозаичности блоков оруденения исследованных моделей, достоверность и надежность сопоставимых результатов моделей отражает обоснованность для разработки методики разведки и оценки оруденения на основе мозаичной блочности оруденения.

Заключение и обсуждение

1. Блочная организация оруденения штокверкового золото кварцевого месторождения Джеруй характеризуется устойчивыми показателями размерности, распределения и расположения мозаичности блоков: ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков.
2. Установлена дискретная закономерность блочной организации оруденения с устойчивыми показателями мозаичности блоков по набору ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных блоков по степенной иерархии дискретных подсистем, образуя выдержанные степенной ряд: система(разведочная модель) $L_n L_{4,66}$; контур разведочной сети $40 \times 40 \text{ м } L_n L_{40} - 3,96$ (подсистема) и контур разведочной сети $20 \times 20 \text{ м } L_n L_{20} - 3,32$. Ряд дискретных подсистем от системы по размерности: $N \Rightarrow N_7 \Rightarrow N_3 \Rightarrow N_4 \dots \Rightarrow N_n$.
3. Блоки мозаичной структуры обладают устойчивыми параметрами оруденения по содержанию золота, до 20% по расхождению, соответствует регламентным требованиям ГКЗ КР.

4. Оценка размерности мозаичных блоков по устойчивым параметрам размерности и распределения по статистическим показателям могут рассматриваться как предпосылки для формирования геотехнических, геотехнологических, технологических, экономических обоснования и внедрения инновационных методов и систем оценки и разработки месторождения.
5. Вероятно, выявленные характеристики мозаичности являются природной закономерностью дискретности как неотъемлемая составляющая блочной организации оруденения.

Список литературы

1. Ахромеева, Т.С. Нестационарные структуры и диффузионный хаос [Текст] / Т.С. Ахромеева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий и др. - М.: Наука, 1992. - 544 с.
2. Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сб. докладов 7-й Междунар. науч.-техн. конф., Екатеринбург, 10–11 апреля 2018 г. [Текст]. - Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2018. - С. 256–264.
3. Бутаков, Л.И. Технология разработки золоторудных месторождений [Текст] / Л.И. Бутаков, Б.М. Зайцев, Ю.А. Казаченко и др. - М.: Недра; 1995. - 336 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/9011>
4. Влох, Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках [Текст] / Н.П.Влох. - М.: Недра, 1994. - 208с.
5. Васильев, Н.Ю. Параметры прямой связи между процессами эндогенного рудообразования и объемного разуплотнения горных пород, контролируемой тектоническими деформациями взбросового типа (по реконструкциям полей напряжений регионального и локального рангов). Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики: материалы ЛП Тектонического совещания [Текст] // Н.Ю.Васильев, А.О. Мострюков, В.А. Петров и др. - М.: ГИН РАН, 2020. - С. 118–124.
6. Горяинов, П.М. Самоорганизация минеральных систем [Текст] /П.М. Горяинов, Г.Ю.Иванюк. – Москва:ГЕОС, 2001.
7. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций [Текст] /П. Гленсдорф, И. Пригожин. - М.: УРСС, 2003. - 280 с.
8. Гольдин, С.В. Деструкция литосферы и физическая мезомеханика [Текст] / С.В.Гольдин // Физическая мезомеханика. – 2002. - т. 5. - № 5. - с. 5-22.
9. Ермошкин, Д.Н. Обоснование использования мозаичной системы целиков в безрудных блоках при отработке жильных месторождений золота [Текст] / Д.Н. Ермошкин, К.З. Курманалиев и др. // Горная промышленность. -2023. - №3.
10. Капица, С.П. Синергетика и прогнозы будущего [Текст] /С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. - М.:УРСС. – 2002. - 342 с.
11. Копп, М.Л. Кинематическое взаимодействие динамических стресс-режимов и его геологические следствия [Текст] / М.Л.Копп. – Москва: ГЕОС. 2024.
12. Кочарян Г.Г., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород [Текст] / Г.Г. Кочарян, А.А. Спивак. - М.: ИКЦ. Академкнига, 2003. - 423 с.
13. Кочарян, Г.Г. Геомеханика разломов [Текст] / Г.Г. Кочарян. - М.: ГЕОС. 2016. - 424 с.
14. Курдюмов, С.П. У истоков синергетического видения мира: режимы с обострением [Текст] /С.П. Курдюмов, Е.Н. Князева // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления. - М.: Арго, 1994. - с. 162-186.
15. Курленя, М.В. Проблемы нелинейной геомеханики [Текст] / М.В. Курленя, В.Н.Опарин // Физико- технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2000. - № 4. С. 3–26.

16. Макаров, П.В. Эволюционная природа блочной организации геоматериалов и геосред.
Универсальный критерий фрактальной делимости [Текст] / П.В.Макаров // Геология и геофизика. – 2007. - т.48. - №7. - с.724-746.
17. Макаров, П.В. Изучение деформации и разрушения геоматериалов и геосред как иерархически организованных систем [Текст] / П.В. Макаров, Н.И. Карпенко, И.Ю. Смолин и др. // Физическая мезомеханика. – 2005. - т. 8. - Спец. Выпуск. – с.17-20.
18. Малинецкий, Г.Г. Современные проблемы нелинейной динамики [Текст] / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов. - М.: УРСС, 2002. - 356 с.
19. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы [Текст] / Б.Мандельброт. - Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. - 656 с.
20. Никоноров, В.В. Рудные месторождения Кыргызстана [Текст] / В.В.Никоноров. – Бишкек: МПР КР, КМЭГЭИ, 2009. -482с.
21. Павлов, А.М. Фрактальные свойства геологической среды как показатель сложности условий эксплуатации золоторудных месторождений [Текст] / А.М. Павлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: Изд-во МГТУ, 2011. – № 6. – С. 60–
22. Пиотровский В.В. Использование морфометрии для изучения рельефа и строения Земли [Текст] / В.В.Пиотровский // Земля во Вселенной. - М.: Мысль, 1964. - с. 278-297.
23. Pirajno F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer Science. V.1. 2019. с.1250
24. Пригожин, И. Познание сложного. Введение [Текст] /И. Пригожин, Г. Николис. - М.:УРСС, 2003. - 342 с.
25. Родионов, В.Н. Учение о геомеханике [Текст] / В.Н.Родионов // Геофизика. – 2006. - № 5. – с. 61-64.
26. Садовский, М.А. Естественная кусковатость горной породы [Текст] / М.А.Садовский // Докл. АН СССР. – 1979. - т. 247. - №4. - с. 829-831.
27. Садовский, М.А. О механике блочного горного массива [Текст] / М.А. Садовский, Г.Г. Кочарян, В.Н. Родионов // Докл. АН СССР. – 1988. - т. 302. - № 2. - с. 306-307.
28. Старостин, В.И. Структуры рудных полей и месторождений [Текст] / В.И.Старостин, А.Л. Дергачев, Ж.В. Семинский. - М.: Изд-во МГУ, 2002. - 352 с.
29. Cox S.F. Coupling between deformation, fluid pressure and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust // Society of Economic Geologist Inc., Econ. Geol. 100thAnniersary V. 2005. P. 39-75.
30. Снетков, В.И. Фрактальный анализ - необходимый элемент геометризации месторождений полезных ископаемых [Текст] / В.И.Снетков // Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. – 2018. - т.41. - №3. - с.106-118.
31. Sibson R.H., Skott J. Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand. Ore Geology Reviews. 1998;13(1-5):293–306. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00023-1)
32. Turcotte, D.L. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. 1997, Cambridge University
33. Уламов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмических структур и некоторые аспекты
сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений [Текст] / В.И.Уламов // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. - Вып. 1. - М.: ИФЗ РАН, 1993. - с. 24-44.
34. Филонюк, В.А. О некоторых причинах низкой эффективности геолого-методического обеспечения современных поисково-разведочных и эксплуатационных технологий в золотодобывающей отрасли [Текст] / В.А. Филонюк, И.А. Дубовская // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – 2016. - № 3 (56). – с. 29-43.

35. Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах [Текст] / Г.Хакен. - М.: Мир, 1985. - 411 с.
36. Huang Z., Dai X., Dong L. Buckling failures of reserved thin pillars under the combined action of in plane and lateral hydrostatic compressive forces // Comput. Geotech. – 2017. – V. 87. –P. 128–138. DOI:10.1016/j.compgeo.2017.02.013.
37. Чуприн, К.Э. Характеристика дискретности и мозаичности блоков оруденения и безрудных блоков штокверкового золоторудного месторождения Джеруй [Текст] / К.Э. Чуприн, В.А. Еременко, А.К. Зарлыков, К.З. Курманалиев // Горная промышленность. 2024. - №4. – с.155–164.
38. Zhenhao XU, Tengfei Yu. And all. Anomalous patterns of clay minerals in fault zones. Engineering Geology. Volume 325, November 2023, 107279
39. Wyborn L.A.I., Heinrich C.A., Jaques A.L. Australian Proterozoic mineral systems: essential in gredients and mappable criteria // Aus IMM Publication Series 4/94. 1994. P. 109–115

**И.В. Меркурьев^{1,2}, Т.Б. Дуйшеналиев^{2,3}, У. Гуйцзюнь², Ж.Ж. Доталиева²,
А.А. Орозбаев², Ж.И. Жакыпова²**

¹Улуттук изилдөө университети, Москва энергетика институту,
Москва, Россия Федерациясы

²И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

³Аньян технологиялык институту, Аньян, Кытай Республикасы

¹Национальный исследовательский университет, МЭИ, Москва, Российская Федерация

²КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

³Аньянский технологический институт, Аньян, Китайская Народная Республика

**I.V. Merkuriev^{1,2}, T.B. Duishenaliyev^{2,3}, Wu. Guijun², Zh.Zh. Dotalieva²,
A. A. Orozbaev², Zh.I. Zhakypova²**

¹National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia

²Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

³Anyang Institute of Technology, Anyang, People's Republic of China

¹merkuryeviv@mpei.ru, ²duyshenaliyevt@mpei.ru, ³wuguijun957@gmail.com,

⁴zh.dotalieva@kstu.kg, ⁵Akzhol_orozbaev@kstu.kg, ⁶zyldyzzakypova212@gmail.com

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ESO И АДАПТИВНОГО СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЖИМА (ASMC)

ESO ЖАНА АДАПТИВДҮҮ ТАЙГАК РЕЖИМ (ASMC) НЕГИЗИНДЕГИ РЕАБИЛИТАЦИЯЛЫК РОБОТТУН ЫЛДАМДЫГЫН РОБАСТТУУ БАШКАРУУ

ROBUST VELOCITY CONTROL OF A REHABILITATION ROBOT BASED ON ESO AND ADAPTIVE SLIDING MODE CONTROL (ASMC)

Реабилитациялык медицина тармагынын өнүгүшү менен реабилитациялык роботтор клиникалык практикада кеңири колдонулуп келе жатат. Бирок тышкы бузулуулар жана системанын моделинде так эместиктер болгондо, салттуу башкаруу ыкмалары башкаруунун жылмакайлыгын жана робасттуулугун бир учурда камсыз кылууда кыйналып калууда. Ушуга байланыштуу бул изилдөөдө жогорку тактыктагы башкарууну камсыз кылган стратегия сунушталат, анда кеңейтилген абал байкоочу (ESO) жана адаптивдүү жылмышуучу режимдеги башкаруу (ASMC) айкалыштырылган. Бул стратегия колдор үчүн эки өлчөмдүү реабилитациялык роботко багытталган. Сырткы башкаруу контур адмитанс башкаруу ыкмасына негизделип ишке ашырылат, анын жардамы менен колдонуучудан келген өз ара аракеттенүү күчү өлчөнүп, реалдуу убакыт режиминде керектүү ылдамдык түзүлөт. Ички контурда ESO негизиндеги бузулуулар байкоочусу менен толукталган скользящий регулятор колдонулат, бул болсо тышкы бузулууларды натыйжалуу баалоого жана компенсациялоого мүмкүндүк берип, системанын башкаруу ылдамдыгы менен туруктуулугун жогорулатат. Моделдөө натыйжалары көрсөткөндөй, циклдик бузулуулар жана гаусс ак ызы-чуу шарттарында ылдамдыкты көзөмөлдөө боюнча орточо квадраттык ката 0.065 м/с деңгээлинен ашпайт, ал эми максималдуу ката 0.14 м/с тен жогору болбойт. Эксперименттик текшерүү сунушталган стратегия жакшы жылмакайлык жана туруктуулукка ээ экендигин, ошондой эле практикалык колдонуунун жана инженердик баалуулуктун жогору экендигин тастыктайт.

Түйүндүү сөздөр: реабилитациялык робот, адаптивдүү жылмышуучу башкаруу, кеңейтилген абал байкоочу, бузулууларды компенсациялоо, ийкемдүү башкаруу.

С развитием сферы реабилитационной медицины реабилитационные роботы стали широко применяться в клинической практике. Однако при наличии внешних возмущений и неопределённостей в моделировании системы традиционные методы управления с трудом позволяют обеспечить как плавность, так и робастность управления одновременно. В связи с этим в данной работе предлагается стратегия робастного управления, в которой сочетаются расширенный наблюдатель состояния (ESO) и адаптивное скользящее управление (ASMC), предназначенная для двумерного реабилитационного робота верхней конечности. Внешний контур управления реализуется на основе адмитансного подхода, с помощью которого получают данные о взаимодействующей с пользователем силе и генерируется требуемая скорость в реальном времени. Во внутреннем контуре используется скользящий регулятор, дополняемый наблюдателем возмущений, реализованным на базе ESO, что позволяет обеспечить эффективную оценку и компенсацию внешних возмущений, тем самым повышаются быстродействие и устойчивость системы управления. В результате моделирования было показано, что при наличии циклических возмущений и гауссовского шума среднеквадратичная ошибка отслеживания скорости удерживается на уровне менее 0.065 м/с, а максимальная ошибка не превышает 0.14 м/с. Экспериментальной валидацией подтверждается, что предлагаемая стратегия характеризуется хорошей плавностью и стабильностью, а также обладает высокой практической применимостью и инженерной ценностью.

Ключевые слова: реабилитационный робот, адаптивное скользящее управление, расширенный наблюдатель состояния, компенсация возмущений, податливое управление.

With the development of the field of rehabilitation medicine, rehabilitation robots have been widely applied in clinical practice. However, in the presence of external disturbances and modeling uncertainties, traditional control methods struggle to ensure both smoothness and robustness simultaneously. In this regard, a robust control strategy is proposed in this work, which combines an Extended State Observer (ESO) and Adaptive Sliding Mode Control (ASMC) for a two-dimensional upper-limb rehabilitation robot. The outer control loop is implemented based on an admittance control approach, through which the interaction force with the user is measured and the desired velocity is generated in real time. In the inner loop, a sliding mode controller is used, augmented by a disturbance observer based on ESO. This allows for effective estimation and compensation of external disturbances, thereby improving the response speed and stability of the control system. Simulation results have shown that, under cyclic disturbances and Gaussian noise, the root mean square tracking error of the velocity remains below 0.065 m/s, and the maximum error does not exceed 0.14 m/s. Experimental validation confirms that the proposed strategy is characterized by good smoothness and stability, as well as high practical applicability and engineering value.

Key words: rehabilitation robot, adaptive sliding mode control, extended state observer, disturbance compensation, compliant control.

С ростом заболеваемости неврологическими заболеваниями, такими как инсульт и повреждение спинного мозга, значительно возросла потребность пациентов в реабилитационной терапии [1,2]. Такие тренировки, как правило, характеризуются высокой частотой, длительным циклом и необходимостью индивидуального подхода. Однако традиционные методы, основанные на ручной помощи со стороны терапевта, уже не в состоянии полностью удовлетворить потребности пациентов в эффективной реабилитации [3, 4]. В связи с этим всё большее внимание уделяется применению реабилитационных роботов, которые способны заменить ручной труд, повысить эффективность тренировок и снизить

нагрузку на медицинский персонал. В настоящее время такие системы постепенно получают признание в клинической практике.

В задачах активной тренировки робот должен обеспечивать своевременный и плавный отклик на приложенное пользователем усилие, что необходимо для безопасности и эффективности взаимодействия. Это требует от системы управления не только высокой динамической отзывчивости, но и устойчивости к нелинейным и внешним возмущениям.

С целью обеспечения качественного человеко-машинного взаимодействия было предложено множество подходов. Например, Лян и др. разработали систему реабилитации руки на основе управления по проводимости (admittance control) [5,6], которая может регистрировать внешние силы и обеспечивать базовый уровень плавного отклика. Однако при сильных внешних возмущениях такая система демонстрирует запаздывания и смещения. Ши и соавторы объединили нейронные сети на основе радиальной базисной функции (RBF) с ПИД-регулированием для компенсации нелинейных возмущений [7], но метод обладает низкой скоростью сходимости и ограничен при применении в условиях быстроменяющейся динамики. Скользящее управление (SMC) широко применяется благодаря своей робастности, однако классические методы страдают от проблемы «дребезга», что нарушает стабильность работы системы [8]. Для решения этой проблемы были предложены улучшенные версии скользящего управления, такие как быстрое и суперспиральное управление, а также адаптивные структуры. Тем не менее, эти методы всё ещё сталкиваются с ограничениями по точности оценки и скорости отклика.

В последнее время для компенсации ошибок моделирования и внешних возмущений всё чаще применяется расширенный наблюдатель состояния (ESO) [9,10]. Он позволяет реконструировать полное возмущение системы, включая структурные ошибки и внешние воздействия, тем самым повышая её робастность. Однако при отсутствии согласованной структуры управления ESO может демонстрировать запаздывание в отслеживании или нестабильную оценку.

Для преодоления этих недостатков в настоящей работе предложен метод управления скоростью, объединяющий расширенный наблюдатель состояния и адаптивное скользящее управление (ASMC), ориентированный на двухмерного реабилитационного робота верхней конечности. Внешний контур использует управление по проводимости для считывания намерений пользователя, а внутренний контур построен на нелинейной PI-поверхности скольжения, в сочетании с ESO, обеспечивающим быструю оценку и компенсацию немоделируемых динамических возмущений, что повышает точность отслеживания и общую робастность системы.

Основные научные вклады данной статьи:

1. Предложена структура управления ESO-ASMC для управления скоростью двухмерного реабилитационного робота верхней конечности с учётом требований к плавности и устойчивости;
2. Разработана структура оценки возмущений на основе скоростной модели ESO, обеспечивающая высокую точность реконструкции и низкое запаздывание;
3. Проведены численные эксперименты в среде MATLAB и верификация на аппаратной платформе, подтверждающие высокую точность отслеживания и способность контроллера работать в условиях гауссовского шума и внешних возмущений.
4. В целом, предложенная стратегия управления представляет собой перспективный подход для реализации высокоэффективного и робастного человеко-машинного взаимодействия в области реабилитационной робототехники.

Методология. В данном разделе сначала разрабатывается динамическая модель двухмерного реабилитационного робота, работающего в плоскости. Для упрощения реализации системы управления модель упрощается. Далее описывается внешний контур управления по проводимости, преобразующий взаимодействующую силу от пользователя в требуемую скорость. В завершение представлена структура робастного регулятора, основанного на расширенном наблюдателе состояния и адаптивном скользящем управлении,

включая построение поверхности скольжения, вывод управляющего закона и настройку наблюдателя возмущений.

1. Динамическое моделирование.

Рассматриваемый в данной работе реабилитационный робот предназначен для тренировок и способен перемещаться в горизонтальной плоскости в любом направлении. Его конструкция основана на двух взаимно перпендикулярных линейных направляющих, соответствующих осям X и Y, как показано на рисунке 1:

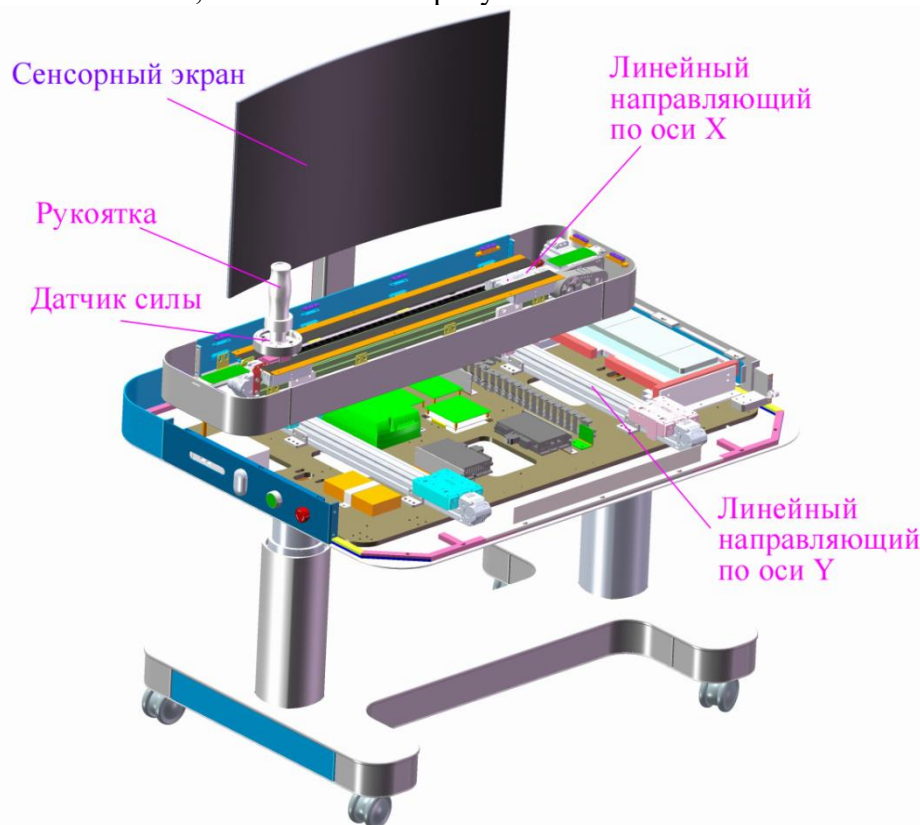


Рисунок 1 - Двумерный реабилитационный робот для верхней конечности

Представленный в работе реабилитационный робот для верхних конечностей поддерживает четыре основных режима тренировок: активное движение, пассивное движение, сопротивляющаяся тренировка и режим с ассистенцией. В реальных условиях реабилитации наиболее широко применяется режим активного движения, поскольку он обеспечивает высокий уровень вовлечённости пациента и комфорт при самостоятельном выполнении движений. В этом режиме пациент с помощью мышечной активности руки управляет рукояткой, перемещая её по заданной траектории в двухмерной плоскости — например, описывая окружности или выполняя возвратно-поступательные движения. Это требует от системы высокой степени плавности в управлении движением рукоятки.

Благодаря ортогональной компоновке конструкции, оси X и Y оснащены независимыми линейными приводами, что обеспечивает хорошую декомпозицию движений по осям. В связи с этим каждую ось можно аппроксимировать как систему с одним степенем свободы, оснащённую прямым приводом. Это допущение значительно упрощает построение динамической модели и разработку системы управления. Ниже в качестве примера будет рассмотрено построение уравнения движения вдоль оси X, которое впоследствии используется при разработке стратегии управления:

$$m_x \ddot{x} = F_m + F_{ex} + d_x, \quad (1)$$

где:

\ddot{x} — ускорение рукоятки вдоль оси X;

m_x — эквивалентная масса рукоятки в направлении оси X;

F_m — усилие привода в направлении оси X;

F_{ex} — внешняя сила взаимодействия, приложенная пациентом к рукоятке вдоль оси X;

d_x — суммарные возмущения и неопределённости в направлении оси X, включая немоделированное трение, ошибки параметров динамической модели и внешние воздействия.

Поскольку оси X и Y управляются независимо, а принципы управления идентичны для обеих осей, далее управление будет рассмотрено только для оси X.

2. Проектирование регулятора на основе проводимости.

Для реализации согласованного взаимодействия между человеком и роботом в процессе тренировки во внешнем контуре управления в данной работе вводится модель эквивалентного механического импеданса. В этой модели внешняя сила взаимодействия F_{ex} , прикладываемая пациентом, используется в качестве входного сигнала. Посредством настройки виртуальных параметров импеданса осуществляется динамическое регулирование, в результате чего формируется целевая скорость v_d , которая далее служит опорным сигналом для внутреннего контура.

В настоящем исследовании в качестве модели проводимости используется типичная в литературе структура второго порядка [11,12], выражаемая следующим образом:

$$M_d \dot{v}_d + B_d v_d = F_{ex}, \quad (2)$$

где:

M_d — виртуальная масса, определяющая инерционность системы в ответ на изменение взаимодействующей силы;

B_d — виртуальное демпфирование, отражающее отклик системы в установившемся режиме по скорости.

Эта модель аналогична механической системе, состоящей из последовательно соединённых массы и демпфера, и обладает хорошими свойствами пассивного отклика. При воздействии постоянной силы система постепенно стабилизируется, обеспечивая плавное движение.

Коэффициент демпфирования B_d определяет чувствительность системы к продолжительным внешним усилиям. Чем выше значение B_d , тем большую силу должен прилагать пациент для получения заметной скорости — это делает систему более устойчивой, но снижает её отзывчивость. Напротив, при меньшем значении B_d система становится более чувствительной к внешним воздействиям и демонстрирует гибкое поведение, однако это может привести к колебаниям скорости и неустойчивости.

Виртуальная масса M_d влияет на инерционную реакцию системы при резком изменении взаимодействия. При слишком малом значении скорость изменяется слишком быстро, что затрудняет подавление высокочастотных помех. Если масса слишком велика, система реагирует вяло, ухудшая плавность взаимодействия.

Следовательно, для достижения стабильного и комфортного взаимодействия в ходе реабилитации крайне важно правильно подобрать значения параметров M_d и B_d .

В условиях реального времени, где управление осуществляется с дискретными шагами, модель проводимости должна быть численно интегрирована для вычисления требуемой скорости v_d . В отличие от простых методов интегрирования, в данной работе применяется численный метод Рунге-Кутты четвёртого порядка (Runge–Kutta 4, RK4), обеспечивающий более высокую точность расчётов.

Метод RK4 в каждом цикле управления вычисляет четыре промежуточных значения

производной и использует их средневзвешенное значение для получения результата. Это позволяет достичь высокой точности и плавности изменения скорости, что особенно важно в задаче согласованного управления на основе проводимости.

Обновление скорости с использованием метода RK4. Пусть текущий шаг управления обозначается как k , а шаг по времени — как Δt . Тогда:

$$k_1 = \frac{1}{M_d} (F_{ex}^{(k)} - B_d v_d^{(k)}), \quad (3)$$

$$k_2 = \frac{1}{M_d} \left(F_{ex}^{(k)} - B_d \left(v_d^{(k)} + \frac{\Delta t}{2} k_1 \right) \right), \quad (4)$$

$$k_3 = \frac{1}{M_d} \left(F_{ex}^{(k)} - B_d \left(v_d^{(k)} + \frac{\Delta t}{2} k_2 \right) \right), \quad (5)$$

$$k_4 = \frac{1}{M_d} (F_{ex}^{(k)} - B_d (v_d^{(k)} + \Delta t k_3)), \quad (6)$$

$$v_d^{(k+1)} = v_d^{(k)} + \frac{\Delta t}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4). \quad (7)$$

Данный метод демонстрирует более высокую численную стабильность по сравнению с методом Эйлера и способен эффективно сглаживать колебания скорости, вызванные погрешностями дискретизации, особенно в условиях постоянно изменяющегося взаимодействия пациента с системой. Это позволяет достичь требуемой плавности и безопасности движения в процессе тренировки.

Используя внешний контур на основе управления по проводимости, можно реализовать плавное преобразование между силой и скоростью [13,14]. При этом внутренняя петля управления обеспечивает непрерывную настройку целевой скорости в ответ на действия пациента.

3. Проектирование расширенного наблюдателя (ESO).

Для оценки линейного ускорения и внешних возмущений в данном разделе на каждую ведущую ось устанавливается линейный расширенный наблюдатель второго порядка (ESO). В качестве наблюдаемой переменной используется скорость $y = \dot{x}$, непосредственно получаемая с энкодера. В отличие от традиционного подхода, основанного на измерении положения, такое решение позволяет избежать накопления ошибок, вызванных интегрированием, а также уменьшает задержку, обусловленную инерционностью системы. Вдоль оси X масса подвижной части обозначается как m , а ширина полосы пропускания наблюдателя — как ω_0 .

(1) *Расширенное состояние:*

$$x_1 = \dot{x}, \quad (8)$$

$$x_2 = \hat{d}. \quad (9)$$

Состояния системы описываются следующими уравнениями:

$$\dot{x}_1 = \frac{F_m + F_{ex} + x_2}{m}, \quad (10)$$

$$\dot{x}_2 = h(t), \quad (11)$$

ограниченная скорость изменения возмущения, т.е. $h(t) \leq H$.

(2) *Проектирование структуры ESO.*

Уравнения для проектирования наблюдателя возмущений имеют следующий вид:

$$\dot{z}_1 = \frac{F_m + F_{ex} + z_2}{m} + \beta_1 (x_1 - z_1), \quad (12)$$

$$\dot{z}_2 = \beta_2 (x_1 - z_1), \quad (13)$$

где:

z_1 — оценка скорости \hat{v} ; z_2 — оценка возмущения \hat{d} ; β_1, β_2 — коэффициенты усиления наблюдателя, подбираются с использованием метода полосы пропускания для обеспечения быстрой сходимости и устойчивости.

(3) *Проектирование коэффициентов усиления наблюдателя.*

С помощью метода размещения корней, полюса динамики ошибок наблюдателя размещаются в левой полуплоскости, чтобы обеспечить экспоненциальную сходимость.

Уравнения динамики ошибок. Определим ошибки наблюдения как

$$e_1 = x_1 - z_1, \quad (14)$$

$$e_2 = x_2 - z_2. \quad (15)$$

Динамика ошибок описывается следующей системой:

$$\dot{e}_1 = \frac{x_2 - z_2}{m} - \beta_1 e_1 = \frac{e_2}{m} - \beta_1 e_1, \quad (16)$$

$$\dot{e}_2 = h(t) - \beta_2 e_1. \quad (17)$$

Предполагая, что скорость изменения возмущения $h(t)$ невелика (т.е. $h(t) \approx 0$), данную систему уравнений можно аппроксимировать как линейную.

(4) *Представление в пространстве состояний.*

Определим вектор ошибок наблюдения как $e = [e_1, e_2]^T$, тогда система может быть представлена в форме: $\dot{e} = A \cdot e$, где матрица A имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} -\beta_1 & \frac{1}{m} \\ -\beta_2 & 0 \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Характеристическое уравнение имеет вид: $s^2 + \beta_1 s + \frac{\beta_2}{m} = 0$, Если полюса наблюдателя размещаются как двойной корень $-\omega_0$ ($\omega_0 > 0$ — это полоса пропускания наблюдателя), тогда характеристическое уравнение становится: $(s + \omega_0)^2 = s^2 + 2\omega_0 s + \omega_0^2 = 0$, что даёт коэффициенты усиления: $\beta_1 = 2\omega_0$, $\beta_2 = m\omega_0^2$.

(5) *Анализ устойчивости по Ляпунову.*

Для анализа устойчивости системы ESO используется следующая функция Ляпунова:

$$V = \frac{1}{2}(e_1^2 + e_2^2). \quad (19)$$

Вычислим производную функции V :

$$\dot{V} = e_1 \dot{e}_1 + e_2 \dot{e}_2. \quad (20)$$

Подставим уравнения динамики ошибок и примем во внимание, что скорость изменения возмущения $h(t)$ мала (т.е. $h(t) \approx 0$):

$$\dot{V} = e_1 \left(\frac{e_2}{m} - \beta_1 e_1 \right) + e_2 (-\beta_2 e_1). \quad (21)$$

После упрощения получаем:

$$\dot{V} = -\beta_1 e_1^2 + \left(\frac{1}{m} - \beta_2 \right) e_1 e_2. \quad (22)$$

Используя неравенство Коши–Буняковского–Шварца (Cauchy–Schwarz) для обработки перекрёстного члена, выбираем подходящее значение $\epsilon_1 > 0$, тогда:

$$|e_1 e_2| \leq \frac{1}{2} \left(\epsilon_1 e_1^2 + \frac{1}{\epsilon_1} e_2^2 \right), \quad (23)$$

$$\left| \left(\frac{1}{m} - \beta_2 \right) e_1 e_2 \right| \leq \left| \left(\frac{1}{m} - \beta_2 \right) \right| \cdot \frac{1}{2} \left(\epsilon_1 e_1^2 + \frac{1}{\epsilon_1} e_2^2 \right). \quad (24)$$

Следовательно:

$$\dot{V} \leq -\beta_1 e_1^2 + \left| \frac{1}{m} - \beta_2 \right| \cdot \frac{1}{2} \left(\epsilon_1 e_1^2 + \frac{1}{\epsilon_1} e_2^2 \right). \quad (25)$$

Упрощаем (25):

$$\dot{V} \leq - \left(\beta_1 - \frac{\epsilon_1}{2} \left| \frac{1}{m} - \beta_2 \right| \right) e_1^2 + \frac{1}{2\epsilon_1} \left(\left| \frac{1}{m} - \beta_2 \right| \right) e_2^2. \quad (26)$$

Для обеспечения устойчивости достаточно выполнить следующее условие при проектировании полосы пропускания:

$$\beta_1 > \frac{\epsilon_1}{2} \left| \frac{1}{m} - \beta_2 \right|. \quad (27)$$

Следовательно, производная функции Ляпунова удовлетворяет условию:

$$\dot{V} \leq -\alpha e_1^2 + \delta e_2^2, \quad (28)$$

где $\alpha > 0$, $\delta > 0$, из чего следует, что система обладает равномерной окончательной ограниченностью (UUB, Uniformly Ultimately Bounded).

На основании анализа устойчивости по Ляпунову можно сделать вывод, что для проектирования расширенного наблюдателя второго порядка на основе скорости требуются лишь два параметра β_1 и β_2 . При их разумном выборе ошибки состояний e_1 и e_2 будут сходиться в окрестность нуля, обеспечивая быстрое и робастное компенсационное поведение по отношению к возмущениям.

4. Проектирование внутреннего адаптивного регулятора на основе скользящего управления.

В системе реабилитационного робота внешний контур управления преобразует силу взаимодействия F_{ex} в желаемую скорость v_d , и внутренний регулятор должен точно отслеживать этот сигнал скорости. Однако при наличии таких факторов, как структурная нелинейность, сила трения, внешние возмущения и модельные ошибки, традиционные линейные методы управления затрудняются обеспечить хорошее качество отслеживания скорости.

С целью повышения робастности системы предлагается использовать адаптивный регулятор скользящего управления, основанный на ошибке по скорости, совместно с расширенным наблюдателем состояния для оценки общего возмущения. Таким образом, формируется предсказательно-компенсирующий регулятор.

а. Проектирование поверхности скольжения.

Для обеспечения быстрого подавления ошибки скорости и повышения сходимости за счёт обратной связи по положению, используется пропорционально-интегральная (PI) поверхность скольжения:

$$s = \dot{x} - v_d + \lambda(x - x_d), \quad (29)$$

где:

\dot{x} — текущее фактическое положение;

x_d — желаемое положение, которое может быть получено путём интегрирования

желаемой скорости v_d , то есть $x_d = \int_0^t v_d(t) dt$, $\lambda > 0$ — параметр поверхности скольжения.

б. Проектирование скользящего элемента.

В управлении на основе скользящего режима скользящий элемент служит для приведения состояния системы к поверхности скольжения и поддержания его вблизи этой поверхности, что обеспечивает устойчивое подавление ошибки [15,16].

При разработке регулятора скользящего режима был выбран нелинейный вид

скользящего элемента:

$$u_s = -\gamma \cdot \frac{s}{1 + \exp(-k|s|)}, \quad (30)$$

где:

γ — коэффициент усиления скользящего режима, $\gamma > 0$;

k — параметр наклона экспоненциальной функции, $k > 0$.

Когда ошибка s велика, управляющий элемент стремится к $\gamma \cdot s$, обеспечивая высокую робастность и быструю сходимость. А при приближении ошибки к нулю, $\frac{s}{1 + \exp(-k|s|)}$

приближается к линейной функции, и управляющее воздействие постепенно уменьшается, эффективно снижая риск высокочастотного переключения (дребезга). По сравнению с традиционным скользящим элементом на основе сигнум-функции, данная структура одновременно обеспечивает робастность системы, а также обладает лучшей непрерывностью и настраиваемостью. Это делает её особенно подходящей для реабилитационных робототехнических систем, требующих высокой точности и стабильности при выполнении.

с. Проектирование управляющего закона.

При построении управляющего закона были всесторонне учтены следующие три типа входных факторов:

1. ошибка между желаемой скоростью и текущим состоянием системы (характеризуется скользящей поверхностью s);

2. сила взаимодействия пациента с роботом F_{ex} , которая может быть напрямую измерена с помощью датчика силы;

3. суммарные возмущения \hat{d}_x , включающие трудно моделируемое трение, нелинейные внутренние и внешние воздействия, их оценка осуществляется с помощью расширенного наблюдателя состояния (ESO), дающий оценку \hat{d} .

Для реализации подавления ошибок и компенсации возмущений, управляющее воздействие двигателя F_m проектируется следующим образом:

$$F_m = -F_{ex} + m\dot{v}_d - \hat{d} + \gamma \cdot \frac{s}{1 + \exp(-k|s|)}. \quad (31)$$

Первая составляющая $-F_{ex}$ используется для компенсации силы взаимодействия со стороны пациента.

Вторая составляющая $m\dot{v}_d$ обозначает ускорение, соответствующее желаемой траектории скорости системы, используется для предсказательной компенсации динамики движения.

Третья составляющая \hat{d} представляет собой оценку общего возмущения, предоставляемую расширенным наблюдателем ESO, используется для компенсации немоделированной динамики.

Четвёртая составляющая $\gamma \cdot \frac{s}{1 + \exp(-k|s|)}$ представляет собой скользящий управляющий элемент, основанный на текущей ошибке системы, обеспечивающий необходимую робастную коррекцию.

Такой управляющий закон имеет простую структуру, что облегчает его реализацию в системах на встроенных платформах, одновременно обладая высокой способностью к подавлению внешних возмущений.

d. Анализ устойчивости по Ляпунову.

На основе поверхности скольжения $s = \dot{x} - v_d + \lambda(x - x_d)$ строится следующая функция Ляпунова:

$$V = \frac{1}{2} s^2. \quad (32)$$

Берём производную V по времени:

$$\dot{V} = s \cdot \dot{s}. \quad (33)$$

Поверхность скольжения:

$$s = \dot{x} - v_d + \lambda(x - x_d). \quad (34)$$

Берём производную обеих сторон:

$$\dot{s} = \ddot{x} - \dot{v}_d + \lambda(\dot{x} - \dot{x}_d) = \ddot{x} - \dot{v}_d + \lambda(\dot{x} - v_d). \quad (35)$$

Поскольку $\dot{x} = v$, а $v_d = \dot{x}_d$, то:

$$\dot{s} = \ddot{x} - \dot{v}_d + \lambda(v - v_d). \quad (36)$$

Согласно уравнению динамики:

$$m_x \ddot{x} = F_m + F_{ex} + d_x.$$

Подставляя в уравнение первой производной поверхности скольжения, получаем:

$$\dot{s} = \frac{1}{m} (F_m + F_{ex} + d_x) - \dot{v}_d + \lambda(v - v_d). \quad (37)$$

Поскольку управляющий закон имеет вид:

$$F_m = -F_{ex} + m\dot{v}_d - \hat{d} + u_s,$$

то подставляем в выражение производной поверхности скольжения:

$$\dot{s} = \frac{1}{m} (\hat{d}_x - d_x + u_s) + \lambda(v - v_d) = \frac{1}{m} (\tilde{d}_x + u_s) + \lambda(v - v_d), \quad (38)$$

где:

$\tilde{d}_x = \hat{d}_x - d_x$ — ошибка оценки возмущения.

Подставим в производную функции Ляпунова:

$$\dot{V} = s \left(\frac{1}{m} (\tilde{d} + u_s) + \lambda(v - v_d) \right). \quad (39)$$

Подставив скользящий управляющий элемент $u_s = -\gamma \cdot \frac{s}{1 + \exp(-k|s|)}$, получаем:

$$\dot{V} = \frac{s\tilde{d}}{m} - \frac{\gamma}{m} \cdot \frac{s^2}{1 + \exp(-k|s|)} + \lambda s(v - v_d). \quad (40)$$

Для оценки последнего члена используется неравенство Коши–Буняковского–Шварца, при выборе подходящего $\epsilon_2 > 0$ справедливо:

$$ab \leq \frac{a^2}{2\epsilon_2} + \frac{b^2}{2\epsilon_2}. \quad (41)$$

Первая часть:

$$\frac{s\tilde{d}}{m} \leq \frac{s^2}{2m\epsilon_2} + \frac{\epsilon_2 \tilde{d}^2}{2m}. \quad (42)$$

Вторая часть. При выборе подходящего значения $\epsilon_3 > 0$, выполняется

$$\lambda s(v - v_d) \leq \frac{s^2}{2\epsilon_3} + \frac{\epsilon_3 \lambda^2 (v - v_d)^2}{2}. \quad (43)$$

Итак, производная функции Ляпунова удовлетворяет условию

$$\dot{V} \leq -\frac{\gamma}{m} \cdot \frac{s^2}{1 + \exp(-k|s|)} + \frac{s^2}{2m\epsilon_2} + \frac{\epsilon_2 \tilde{d}^2}{2m} + \frac{s^2}{2\epsilon_3} + \frac{\epsilon_3 \lambda^2 (v - v_d)^2}{2}. \quad (44)$$

Поскольку ошибка оценки возмущения \tilde{d} и ошибка отслеживания скорости $v - v_d$ могут быть подавлены с помощью ESO и предсказательной компенсации достаточно малых

величин, соответствующие квадратичные члены могут быть пренебрежительно малы. Это не влияет на вывод об равномерной окончательной ограниченности (UUB) системы.

Следовательно, если коэффициент усиления скользящего управления γ выбран достаточно большим, то выполняется условие

$$\frac{\gamma}{m} \cdot \frac{s^2}{1 + \exp(-k|s|)} > \frac{s^2}{2m\epsilon_2} + \frac{s^2}{2\epsilon_3}. \quad (45)$$

Тогда

$$\dot{V} < 0,$$

что означает, что система обладает равномерной окончательной ограниченностью (UUB), а ошибка будет сходиться в окрестность нуля.

5. Совместное управление на основе проводимости и сверхскользящего режима.

Для обеспечения устойчивой работы системы управления в условиях моделирования необходимо задать соответствующие параметры моделирования [17]. Эти параметры не только отражают физические характеристики системы реабилитационного робота и ключевые особенности структуры управления, но и напрямую влияют на скорость отклика контроллера и его робастность.

С учётом практических требований к реабилитационному тренажёру, параметры моделирования были рационально настроены с учётом массы оборудования, динамических свойств контроллера и точности оценки возмущений. Конкретные значения параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры системы управления для моделирования

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Единица измерения
Реальная масса	m	1	кг
Виртуальная масса	m_d	2	кг
Виртуальное демпфирование	b_d	2.5	Н·с /м
Полоса пропускания ESO	ω_0	40	1/с
Коэффициент усиления скользящего режима	γ	10	—
Параметр наклона (в экспоненте)	k	10	—
Вес позиции в поверхности скольжения	λ	2	—

Параметры, перечисленные в таблице, охватывают следующие категории.

Параметры системы как объекта управления: включают реальную массу m и виртуальную массу m_d , используемую в модели взаимодействия. Вместе они определяют инерционные свойства робота в процессе взаимодействия с пользователем.

Параметры демпфирования и гибкости управления: виртуальное демпфирование b_d напрямую связано с устойчивостью системы при приложении усилия и влияет на её чувствительность.

Настройка наблюдателя возмущений: полоса пропускания ESO ω_0 — ключевой параметр, влияющий на динамическое поведение наблюдателя. Чем выше полоса пропускания, тем быстрее отклик, но тем ниже робастность системы.

Параметры проектирования скользящего управления: коэффициент усиления γ , коэффициент экспоненты k и весовой коэффициент позиции λ формируют структуру внутреннего управления на основе скользящей поверхности. Правильная настройка этих параметров обеспечивает быструю сходимость и устойчивость управления даже в условиях неопределённостей и возмущений.

При заданных входных сигналах: управляющее усилие $F_m = 10\cos(3t)$, внешнее возмущение F_{ex} и входное возмущение $dx = -2\cos(5t)$, система подвергается воздействию совместных факторов. С использованием MATLAB была проведена имитационная верификация разработанного регулятора на основе ESO-ASMC. Результаты показаны на рисунке 2.

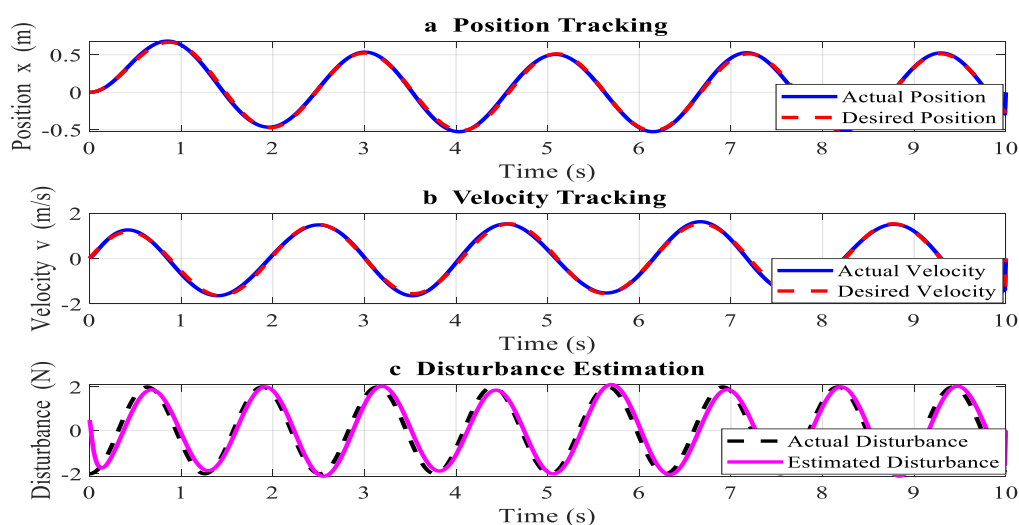


Рисунок 2 - Моделирование контроллера ESO-ASMC в MATLAB

На рисунке 2(а) представлено сравнение между фактическим положением и желаемым положением. Как видно, обе кривые практически совпадают, что свидетельствует о малой ошибке отслеживания и, следовательно, о высокой точности позиционного управления предлагаемого контроллера.

Рисунок 2(б) демонстрирует отклик по скорости. Кривая точно следует за желаемым профилем скорости, что говорит о высокой способности системы управления отслеживать изменения скорости и подтверждает хорошие динамические характеристики системы.

Рисунок 2(с) отображает результаты оценки возмущения наблюдателем. Видно, что оцененное значение хорошо совпадает с реальным возмущающим сигналом, что доказывает эффективность предложенного ESO-наблюдателя для оценки внешних возмущений.

В целом, результаты моделирования в интервале времени от 0 до 10 секунд показывают, что предложенная стратегия управления обладает высокой точностью отслеживания: среднеквадратическая ошибка скорости составляет 0.0625 м/с, а максимальная мгновенная ошибка не превышает 0.1251 м/с. Это подтверждает, что при наличии внешних возмущений и силы взаимодействия человек–робот метод обеспечивает мягкое и точное отслеживание скорости.

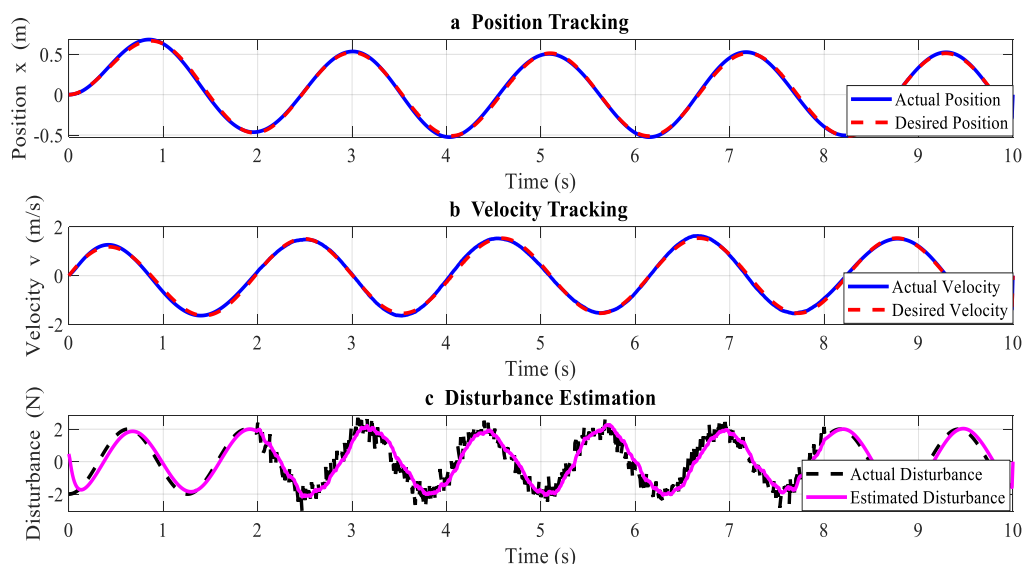


Рисунок 3 - Результаты моделирования в MATLAB при воздействии гауссовского белого шума

На рисунке 3 представлены результаты моделирования в MATLAB при введении гауссовского белого шума с дисперсией $\sigma = 0.4 \text{ Н} / \sqrt{\text{Гц}}$. Результаты показывают, что даже при наличии значительных случайных возмущений в интервале времени 2–8 секунд предложенная стратегия управления ESO-ASMC сохраняет хорошие характеристики отслеживания.

В течение всего временного промежутка 0–10 секунд среднеквадратическая ошибка скорости составляла 0.0626, а максимальная мгновенная ошибка не превышала 0.1402 м/с.

В сравнении с результатами на рисунке 2 (без шумов), наблюдаемое изменение погрешности системы минимально, что свидетельствует о высокой устойчивости предложенного метода управления к внешним шумам и гарантирует стабильность и робастность системы во время реабилитационной тренировки.

Экспериментальная проверка. Для оценки адаптивности предложенной стратегии управления в реальных условиях была проведена серия экспериментов на двумерном реабилитационном роботе для верхних конечностей, реализующем гибкое управление.

Робот использует линейные модули в качестве приводного механизма. Два независимых модуля с электроприводами обеспечивают движение в горизонтальной плоскости с максимальным ходом 500 мм. На каретке верхнего модуля установлен манипулятор с общей массой около 1 кг, в основании которого размещён двухосевой датчик силы (точность — 0.1Н), обеспечивающий онлайн-сбор данных о взаимодействии пациента с системой. Система управления работает на реальном времени с частотой обновления 1 мс, поддерживает мультирежимное управление: по силе, скорости и положению.

В ходе эксперимента использовался режим активной тренировки: пациент управлял движением манипулятора, прилагая минимальное усилие, а система самостоятельно генерировала гибкий отклик. Для улучшения динамики и повышения точности управления были использованы параметры виртуального импеданса, аналогичные использованным в моделировании: виртуальная масса $m_d = 2 \text{ кг}$, виртуальное демпфирование $b_d = 2.5 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$.

На рисунке 4 показано, как волонтер успешно управляет манипулятором, выполняя произвольную траекторию в режиме активного взаимодействия.

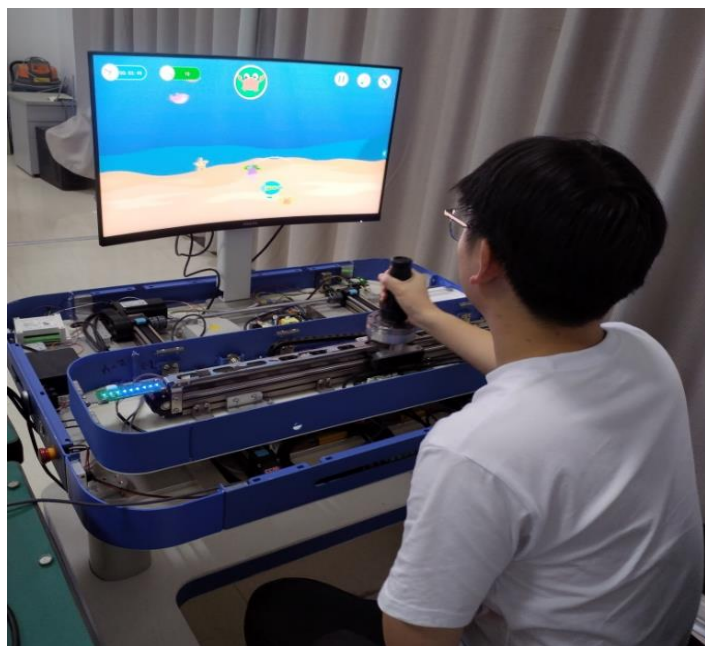


Рисунок 4 -Экспериментальная проверка на опытном образце

На рисунке 5 демонстрируется, что скорость движения манипулятора изменяется в реальном времени в ответ на силу взаимодействия, что подтверждает способность системы адекватно распознавать намерения пользователя.

Экспериментальные результаты показали, что в процессе взаимодействия между человеком и роботом манипулятор не демонстрирует ни запаздывания, ни колебаний, что подтверждает практическую применимость и устойчивость предложенной комбинированной стратегии ESO-ASMC в реальных условиях.

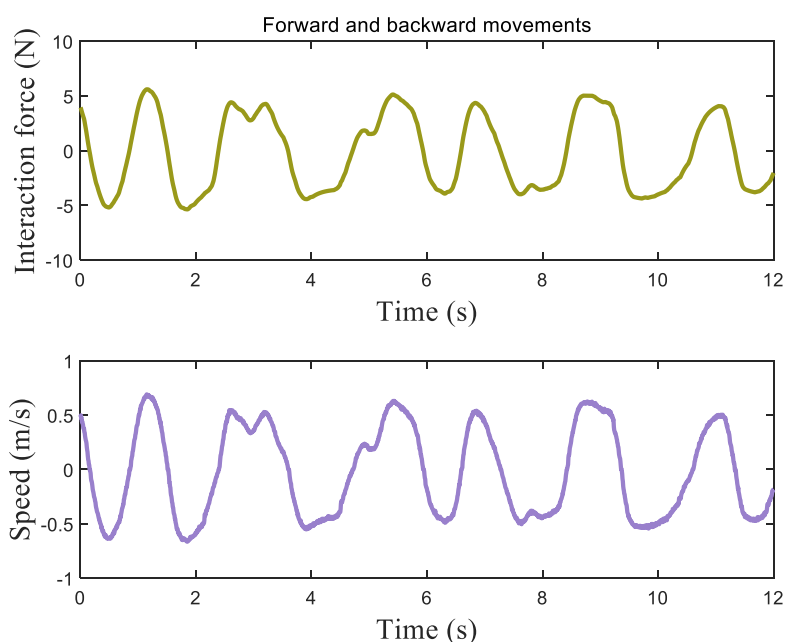


Рисунок 5 - Кривые изменения силы взаимодействия и скорости робота

Закключение. Для решения задачи отслеживания скорости в процессе активной тренировки с использованием двумерного реабилитационного робота для верхних конечностей была предложена робастная стратегия управления ESO-ASMC.

Предложенный метод формирует гибкий опорный сигнал скорости на внешнем контуре

на основе механизма проводимости, а во внутреннем контуре реализует проектирование поверхности скольжения, адаптивный нелинейный управляющий элемент и оценку возмущений, что обеспечивает эффективную компенсацию неизвестных возмущений и неопределённостей модели.

Результаты моделирования в условиях различных взаимодействий человек–робот и внешних возмущений показывают, что разработанная система управления обладает стабильной способностью к отслеживанию: среднеквадратическая ошибка скорости составляет менее 0.065 м/с а максимальная мгновенная ошибка не превышает 0.14 м/с, что превосходит традиционные методы управления с помощью пропорционального интегро-дифференциального регулятора и скользящим режимом с фиксированным коэффициентом.

Экспериментальная валидация на лабораторной платформе дополнительно подтвердила практическую ценность предложенного контроллера: в условиях отсутствия предустановленной траектории рукоятка робота может плавно и стабильно отслеживать скорость на основе минимального взаимодействующего усилия, прикладываемого пользователем, демонстрируя отличную динамическую реакцию и устойчивость системы.

Тем не менее, предложенная стратегия управления ESO-ASMC также имеет ряд ограничений:

1. Используемая модель управления основана на упрощённой двумерной плоской структуре и не учитывает влияние многосвободных связей и их возможных нелинейных взаимосвязей;

2. ESO обладает чувствительностью к высокочастотным шумам, что может вызывать ошибки в оценке;

3. Настройка параметров управления выполняется эмпирически, отсутствует автоматическая адаптация, что делает систему подверженной влиянию внешних факторов.

В будущем планируется расширить применение данного метода к сложным трёхмерным задачам реабилитации, а также интегрировать методы глубокого обучения для оптимизации подбора параметров и повышения обобщающей способности и интеллектуального уровня всей системы управления.

Список литературы

1. Stokes S., Drozda M., Lee C. The past, present, and future of traumatic spinal cord injury therapies: a review // *Bone and Joint Open*. – 2022. – Т. 3, № 5. – С. 348–358.
2. Yang R., Zheng J., Song R. Continuous mode adaptation for cable-driven rehabilitation robot using reinforcement learning // *Frontiers in Neurorobotics*. – 2022. – Т. 16. – Ст. 1068706.
3. Cao H.-L., Pham D.D., Luu T.H. и др. Therapists' perspective on acceptance of robot-assisted physical rehabilitation in a middle-income country: a study from Vietnam // *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. – 2025. – Т. 20, № 2. – С. 388–396.
4. Galovski T.E., Nixon R.D.V., Kehle-Forbes S. Walking the line between fidelity and flexibility: A conceptual review of personalized approaches to manualized treatments for posttraumatic stress disorder // *Journal of Traumatic Stress*. – 2024. – Т. 37, № 5. – С. 768–774.
5. Huo J., Huang J., Tu X., Fu Z. Force sensorless admittance control of body weight support system // *Advanced Robotics*. – 2021. – Т. 35, № 7. – С. 425–436.
6. Xie C., Yang Q., Huang Y. и др. A hybrid arm-hand rehabilitation robot with EMG-based admittance controller // *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*. – 2021. – Т. 15, № 6. – С. 1332–1342.
7. Shi X., Zhao H., Fan Z. Parameter optimization of nonlinear PID controller using RBF neural network for continuous stirred tank reactor // *Measurement and Control*. – 2023. – Т. 56, № 9–10. – С. 1835–1843.
8. Mou F., Wu D., Dong Y. Disturbance rejection sliding mode control for robots and learning design // *Intelligent Service Robotics*. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 251–269.

9. Chang S., Wang Y., Zuo Z. и др. On fast finite-time extended state observer and its application to wheeled mobile robots // *Nonlinear Dynamics*. – 2022. – Т. 110, № 2. – С. 1473–1485.
10. Li S., Li X. Finite-time extended state observer-based iterative learning control for nonrepeatable nonlinear systems // *Nonlinear Dynamics*. – 2025. – Т. 113, № 13. – С. 16531–16543.
11. Han L., He L., Huang Y., Qian X. Energy-based variable admittance control to deduce intuitive human intention and mitigate force impact for physical human–robot–environment interaction // *Industrial Robot*. – 2025. – Т. 52, № 3. – С. 442–453.
12. Ye D., Yang C., Jiang Y., Zhang H. Hybrid impedance and admittance control for optimal robot–environment interaction // *Robotica*. – 2024. – Т. 42, № 2. – С. 510–535.
13. Yamawaki T., Tran L.D., Yashima M. Learning variable admittance control for human-robot collaborative manipulation // *Journal of Robotics and Mechatronics*. – 2023. – Т. 35, № 6. – С. 1593–1603.
14. Gao H., Ma C., Zhang X., Zhou C. Compliant variable admittance adaptive fixed-time sliding mode control for trajectory tracking of robotic manipulators // *Robotica*. – 2024. – Т. 42, № 6. – С. 1731–1760.
15. Xiao H., Zhao D., Gao S., Spurgeon S.K. Sliding mode predictive control: A survey // *Annual Reviews in Control*. – 2022. – Т. 54. – С. 148–166.
16. Gambhire S.J., Kishore D.R., Londhe P.S., Pawar S.N. Review of sliding mode-based control techniques for control system applications // *International Journal of Dynamics and Control*. – 2021. – Т. 9, № 1. – С. 363–378.
17. Dawson C., Gao S., Fan C. Safe control with learned certificates: A survey of neural lyapunov, barrier, and contraction methods for robotics and control // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2023. – Т. 39, № 3. – С. 1749–1767.

Ж.С. Мукашова, Г.К. Стамкулова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Zh.S. Mukashova, G.K. Stamkulova
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
jsmukashova@gmail.com, gulkuv@mail.ru

СБОР ДАННЫХ ИЗ ОТКРЫТЫХ И ЗАКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ С ЦЕЛЮЮ ВЫЯВЛЕНИЯ УГРОЗ И УЯЗВИМОСТЕЙ ВЕБ САЙТА

ВЕБ-САЙТТЫН ТАЛУУ ЖЕРЛЕРИН ЖАНА АГА КЕЛҮҮЧҮ КОРКУНУЧТАРДЫ АНЫКТОО МАКСАТЫНДА АЧЫК ЖАНА ЖАБЫК БУЛАКТАРДАН МААЛЫМАТ ЖЫЙНОО

COLLECTING DATA FROM OPEN AND CLOSED SOURCES IN ORDER TO IDENTIFY THREATS AND VULNERABILITIES OF THE WEBSITE

Бул макаланын максаты — www.kokasaba.ru веб-сайтындагы карата вирустарды, курттарды жана башка зыяндуу программаларды аныктоо үчүн коркунучтар менен алсыздыктарды талдоо. Маалыматтарды жыйноо, талдоо жана иштеп чыгуу үчүн колдонулган кызматтар акысыз. Макалада www.kokasaba.ru веб-сайты боюнча жүргүзүлгөн изилдөөнүн жыйынтыктары, коркунучтар жана алсыздыктар, ошондой эле сканерлөө процессинде өз ара байланышкан элементтер чагылдырылган.

Түйүндүү сөздөр: *коркунуч, алсыздык, жаңыртуу, вордпресс, хостинг, коргоо, коопсуздук сертификаты, маалымат базасы, IP дарек, FTP сервер, домен.*

Целью статьи является выявление угроз и уязвимостей веб сайта www.kokasaba.ru на предмет выявления вирусов, червей, и других вредоносных программ. Услуги, обеспечивающие сбор, анализ, обработку данных, являются бесплатными. В статье представлены результаты исследования веб сайта www.kokasaba.ru на наличие угроз и уязвимостей, также взаимосвязанные элементы в процессе сканирования веб-сайта.

Ключевые слова: *угроза, уязвимость, обновление, вордпресс, хостинг, защита, сертификат безопасности, база данных, IP адрес, FTP сервер, домен.*

The purpose of the article is to identify threats and vulnerabilities of the website www.kokasaba.ru to detect viruses, worms and other harmful programs. Services providing data collection, analysis, and processing are free of charge. The article presents the results of the website research www.kokasaba.ru the presence of threats and vulnerabilities, as well as interrelated elements in the process of scanning a website.

Keywords: *threat, vulnerability, update, wordpress, hosting, protection, security certificate, database, IP address, FTP server, domain.*

Веб-сайты на платформе WordPress являются одними из самых популярных в мире, что делает их привлекательной целью для злоумышленников. Основная проблема заключается в том, что многие пользователи не обновляют свои версии WordPress, что открывает доступ к уже известным уязвимостям. Кроме того, неправильная настройка плагинов и тем может создать дополнительные риски для безопасности сайта. Часто владельцы сайтов игнорируют базовые принципы защиты, такие как использование сложных

паролей и двухфакторной аутентификации. Атаки на WordPress включают взлом учетных записей, внедрение вредоносных скриптов и утечку данных.

Постановка задачи.

В рамках данной работы стояла задача выявить проблему с неполадками веб сайта www.kokasaba.ru. Во время процесса поиска неисправностей, которого дополнительно проведены:

- 1. Анализ структуры файлов и базы данных веб-сайта.
- 2. Сбор данных из открытых и закрытых источников.
- 2. 1. Сканирование веб-сайта на наличие вирусов, троянов, червей и других вредоносных файлов.
- 3. Обеспечение защиты и безопасности функционирования веб сайта.

1.Анализ структуры файлов и базы данных веб сайта

Информационный веб-сайт www.kokasaba.ru был зарегистрирован в 2021 году и размещен на виртуальном хостинге компании «Хостер КG». В конце 2024 года веб-сайт перестал функционировать. Служба поддержки хостинговой компании провела бэкап файлов сайта, но, к сожалению, сайт также был в неисправном состоянии продолжительное время.

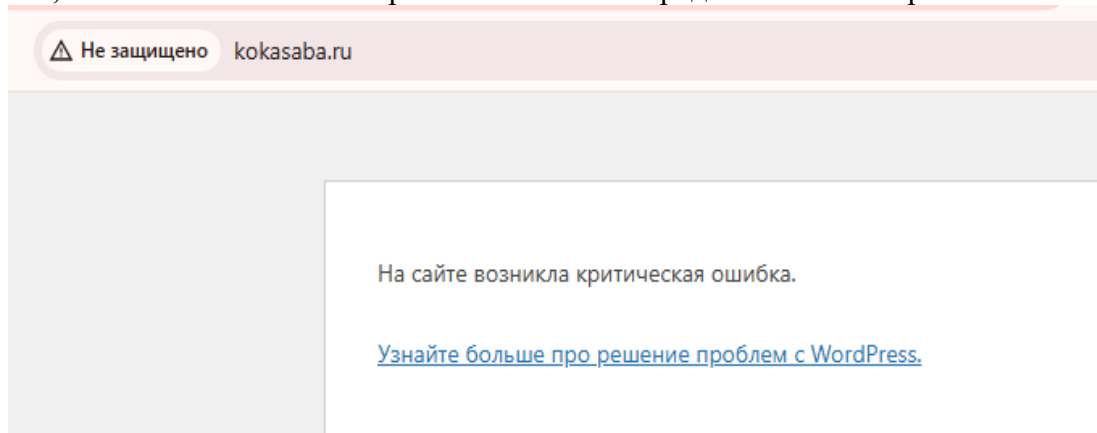


Рисунок 1 - Критическая ошибка на веб сайте

На виртуальном хостинге все файлы домена и база данных PhPMyAdmin оказались в целостности и сохранности. Чтобы не потерять файлы веб сайта необходимо периодически работать с FTP сервером для приема и передачи данных. FTP сервер — это сервер, работающий по протоколу File Transfer Protocol и предназначенный для обмена файлами через Интернет или локальную вычислительную сеть.

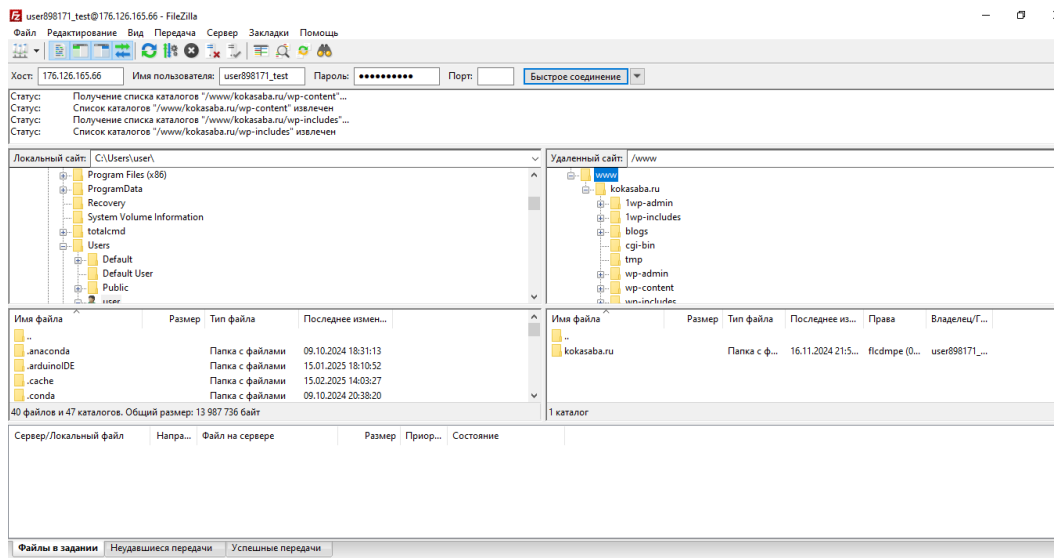


Рисунок 2 - Перенос данных на свой компьютер

2. Сбор данных из открытых и закрытых источников

Метод OSINT (Open source intelligence) позволяет собирать данные из открытых источников, сервисов с целью разведывательной информации. Эта программа для автоматизации сбора информации из различных источников и дальнейшего представления в удобном графическом формате, где наглядно видны связи между разными объектами. В качестве сбора данных о веб сайте использованы два сервиса: Virus Total и Maltego Local Community.

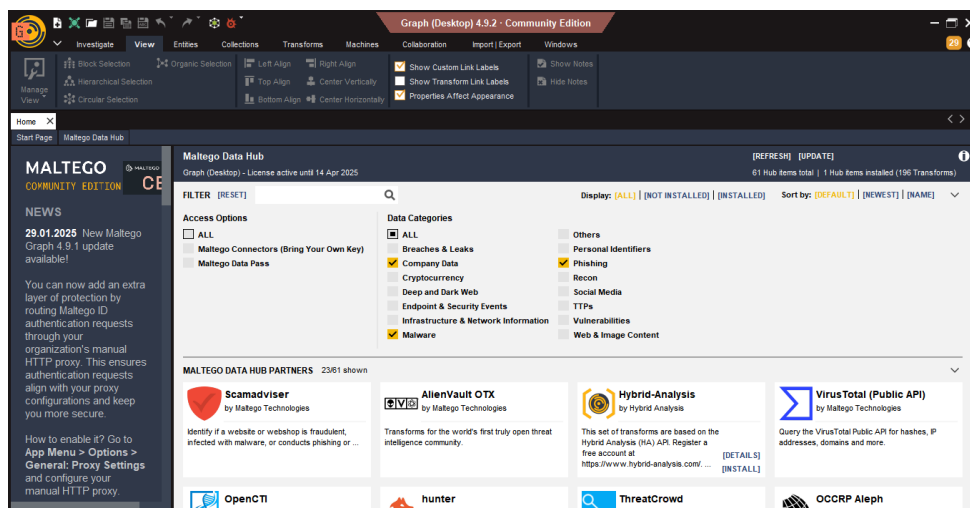


Рисунок 3 - Интерфейс Maltego Local Community

В процессе сбора данных были использованы около 8 бесплатных сервисов: Shodan, Open Sanctions, alphaMountain, Att&ck —MISP, Virus Total и другие. Для визуализации связей сайта с другими элементами создан граф, как показано на рис.4.

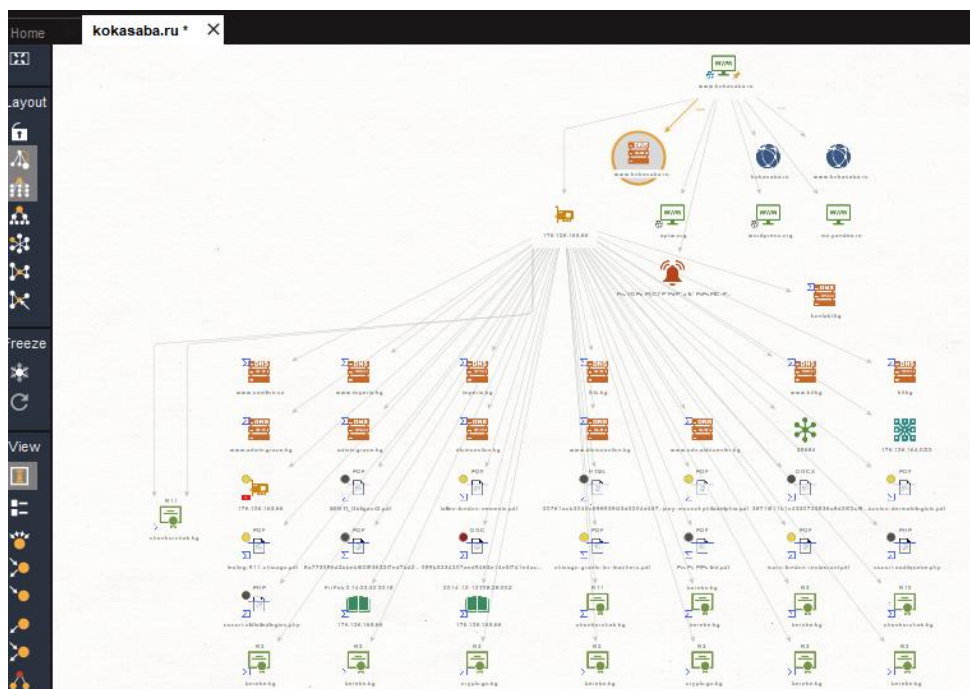


Рисунок 4 - Граф с элементами

Во время сбора данных о сайте создан граф с элементами: DNS, IPv4 Address, Domain, SSL Certificate и т.д. После завершения сканирования отчета сгенерирован отчет с уязвимостями на веб сайте. Количество листов в отчете составило 87 страниц с подробным содержанием схемы графа, связей между веб сайтами, размещенном на хостинге, различные

печатные документы, почтовые адреса и т.д.

Таблица 1 - Структура сгенерированного отчета

Название элемента	Количество
Схема графа	3 уровня
Связи с другими веб ссылками	73
Сущности	71
DNS	1
Domain	5 доменов
IPv4 Address	4 адреса
SSL Сертификат	15

2. 1. Сканирование веб-сайта на наличие вирусов, троянов, червей и других вредоносных файлов

Virus Total - бесплатная служба, осуществляющая анализ подозрительных файлов и ссылок (URL) на предмет выявления вирусов, червей, троянов и всевозможных вредоносных программ. При сканировании веб сайта найдены 2 угрозы из 94 (рис.5).

Basic Properties		IoC's report	
Country	KG		
ASN	59684		
ASN Owner	Hoster kg, Ltd.		
Relations			
Collections	1		
Communicating files	12		
Historical ssl certificates	14		
Historical whois	2		
Referrer files	2		
Resolutions	200		
Detections		2 / 94	

Рисунок 5 - Обнаружение уязвимостей сайта

В таблице 2 представлен список сервисов Virus Total, во время сканирования веб сайта на вирусы (вредоносный код, черви и др.) которого 2 угрозы найдены.

Таблица 2 - Сервисы и угрозы

Название сервисов	Название угрозы
MalwareURL	malware
Criminal IP	malicious
Acronis	Не обнаружено
0xSI f33d	Не обнаружено
Abusix	Не обнаружено
ADMINUSLabs	Не обнаружено

Axur	Не обнаружено
AILabs (MONITORAPP)	Не обнаружено
AlienVault	Не обнаружено
alphaMountain.ai	Не обнаружено
AlphaSOC	Не обнаружено
Antiy-AVL	Не обнаружено
ArcSight Threat Intelligence	Не обнаружено
AutoShun	Не обнаружено
benkow.cc	Не обнаружено
Bfore.Ai PreCrime	Не обнаружено
BitDefender	Не обнаружено
Bkav	Не обнаружено
Blueliv	Не обнаружено
Certego	Не обнаружено
Chong Lua Dao	Не обнаружено
CINS Army	Не обнаружено
Cluster25	Не обнаружено
CRDF	Не обнаружено
CSIS Security Group	Не обнаружено
Snort IP sample list	Не обнаружено
CMC Threat Intelligence	Не обнаружено
Cyan	Не обнаружено
Cyble	Не обнаружено
CyRadar	Не обнаружено
DNS8	Не обнаружено
Dr.Web	Не обнаружено
Ermes	Не обнаружено
ESET	Не обнаружено
ESTsecurity	Не обнаружено
EmergingThreats	Не обнаружено
Emsisoft	Не обнаружено
Forcepoint ThreatSeeker	Не обнаружено
Fortinet	Не обнаружено
G-Data	Не обнаружено
GCP Abuse Intelligence	Не обнаружено
Google Safebrowsing	Не обнаружено
GreenSnow	Не обнаружено
Gridinsoft	Не обнаружено
Heimdal Security	Не обнаружено
Hunt.io Intelligence	Не обнаружено
IPsum	Не обнаружено

3.Обеспечение защиты и безопасности функционирования веб-сайта

Угроза (безопасности информации) – совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации (ГОСТ Р 56939-2016).

Уязвимость программы – недостаток программы, который может быть использован для реализации угрозы безопасности информации (ГОСТ Р 56939-2016).

Для обеспечения безопасности функционирования веб-сайта были предприняты следующие меры:

1. Замена папок с файлами wp-includes и wp-admin на файловом хостинге.

2. Обновление последней версии WordPress 6.7.2.
3. Установка защиты на виртуальном хостинге.
4. Повторное сканирование в веб сервисе VirusTotal.

Замена папок wp-includes и wp-admin на файловом хостинге

С официального источника www.wordpress.com скачана последняя версия 6.7.2 и обновлены файлы wp-admin, wp-includes с помощью файлообменника Filezilla.

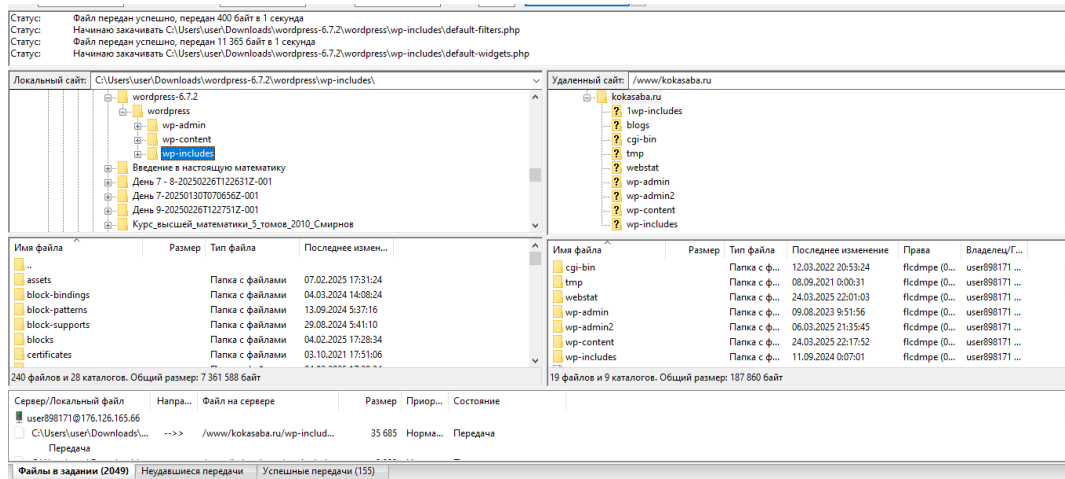


Рисунок 6 - Передача файлов через файлообменник

Обновление последней версии WordPress 6.7.2.

После обновления файлов сайт успешно стал функционировать. Административная панель стала доступна для публикации контента.

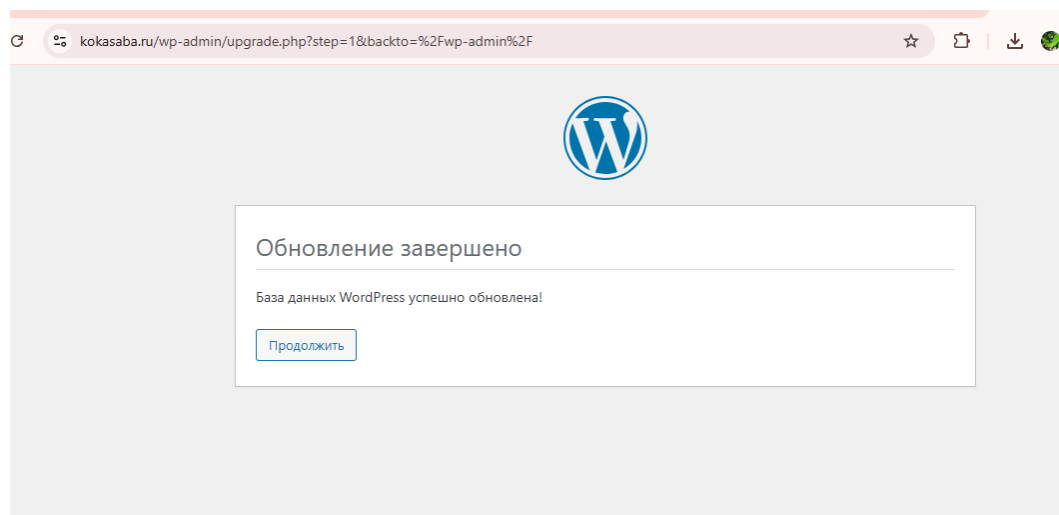


Рисунок 7 - Процесс обновления

Установка защиты на виртуальном хостинге.

Для обеспечения целостности веб сайта дополнительно установлена опция защиты от DDOS атак. DDoS-атака (Distributed Denial of Service, распределенная атака типа «отказ в обслуживании») — разновидность DoS-атаки, при которой целевой сервер, сервис или сеть перегружаются трафиком, исходящим из нескольких источников (например, с группы устройств). Как и при любой другой DoS-атаке, цель DDoS — сделать систему жертвы недоступной.

Сайт - kokasaba.ru

☐ Настроить кэширование ?

Расширения файлов для кэширования

jpg,jpeg,gif,png,svg,js,css,mp3,ogg,mpeg,
avi,zip,gz,bz2,rar,swf

Защита от DDoS-атаки

ВНИМАНИЕ!

При включении защиты от DDoS будет блокироваться любой IP-адрес.

IP-адрес блокируется на 5 минут по всем портам.

Если под блокировку попал Ваш IP-адрес, то необходимо просто дождаться истечения таймаута.

Количество запросов в секунду*

10000

Максимальный размер всплеска*

10000

Ok

Отмена

Рисунок 8 - Защита от DDOS атак

Также установлена опция SSL, что означает Secure Sockets Layer – протокол безопасности, создающий зашифрованное соединение между веб-сервером и веб-браузером. Компаниям и организациям необходимо добавлять SSL-сертификаты на веб-сайты для защиты онлайн-транзакций и обеспечения конфиденциальности и безопасности клиентских данных.

Сайт - kokasaba.ru

Кодировка
UTF-8

Если ваш сайт использует PHP, то настройку кодировки для страниц, обрабатываемых PHP, необходимо указывать с помощью модуля настроек PHP

Индексная страница
index.html index.php

☒ Защищенное соединение (SSL)

☒ HSTS

☐ Перенаправлять HTTP-запросы в HTTPS

SSL-сертификат
kokasaba.ru_le1 (kokasaba.ru www.kokasaba.ru)

☒ SSI

Редирект домена
Редирект не включен

Ok Отмена

Рисунок 9 - Установка SSL соединения

Повторное сканирование на веб сервисе Virus Total.

Для повторного сканирования веб сайта был использован веб сервис Virus Total. После детектирования веб сайта угроз не обнаружено.

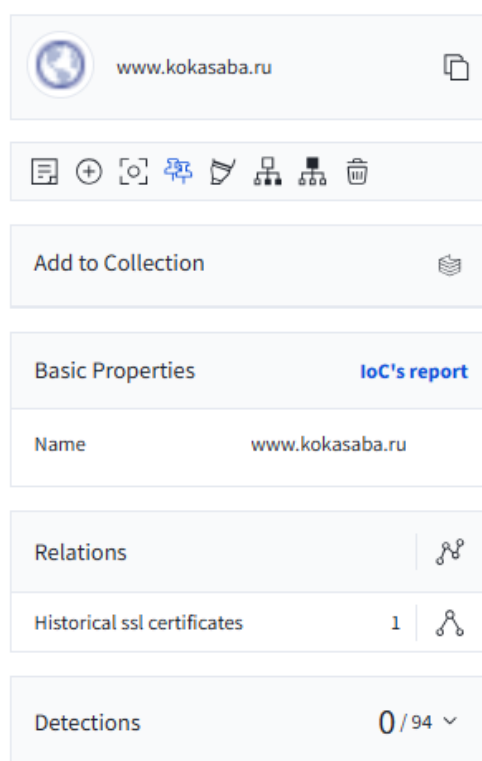


Рисунок 10 - Детектирование веб сайта

Выводы. Одной из самых распространенных уязвимостей является использование устаревших версий плагинов, что может привести к удаленному выполнению кода. Важно понимать, что большинство атак можно предотвратить с помощью регулярных обновлений и внимательного подхода к безопасности. Однако многие пользователи не осознают серьезность угроз, что увеличивает риск успешных атак. Недавние инциденты показывают, что даже крупные компании не застрахованы от атак на WordPress-сайты. В связи с этим, защита сайтов на WordPress требует комплексного подхода и постоянного контроля.

Список литературы

1. Сергеев, А. Н. Создание сайтов на основе WordPress [Текст] / А. Н. Сергеев. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 128 с.
2. Малюк, А.А. Введение в защиту информации автоматизированных систем [Текст] / А.А. Малюк, С.В. Пазизин, Н.С.Погожин. - М.: - 2001
3. <https://www.maltego.com/downloads/>
4. <https://www.virustotal.com/gui/home/upload>
5. Разработка веб приложений на WordPress (WordPress как фреймворк), Брайан Мессенленер, Джейсон Коулман, 2021г.
6. <https://www.kaspersky.ru/>
7. <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary>

А.А. Омуракунова¹, Р.Б. Тентиев², А.У.Касыбеков³

¹К.Карасаев атындагы БМУ

²И.Раззаков атындагы КМТУ

³Кыргызстандагы көз карандысыз журналисттердин союзу

Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹БГУ им. К.Карасаева

²КГТУ имени И. Раззакова

³Независимый союз журналистов КР

Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Omurakunova¹, R.B. Tentiev², A.U. Kasybekov³

¹Bishkek State University named after K. Karasev

²Razzakov Univeristy

³Independent Union of Journalists of the Kyrgyz Republic

Bishkek, Kyrgyz Republic

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПОЛИТИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЯХ: ТРАНСФОРМАЦИЯ PR-ТЕХНОЛОГИЙ И ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ЭТИКИ

САЯСИЙ КОММУНИКАЦИЯЛАРДАГЫ ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТ: PR-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫН ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ ЖАНА САНАРИПТИК ЭТИКАНЫН СУНУШУ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN POLITICAL COMMUNICATIONS: TRANSFORMATION OF PR TECHNOLOGIES AND CHALLENGES OF DIGITAL ETHICS

Макалада жасалма интеллекттин саясий коммуникациялардын трансформациясына тийгизген таасири каралат. Айрыкча, генеративдүү ЖИ моделдеринин саясий PR тармагында колдонулушуна, анын ичинде жекелештирилген үгүт иштерине жана коомдук маанайларды талдоого басым жасалат. Автор АКШ жана Кыргыз Республикасындагы практикалык мисалдарды жана эксперттик пикирлерди талдайт. Саясий коммуникацияда колдонулган заманбап ЖИ каражаттарынын салыштырма баяны берилет. Дезинформациянын тарашы, дипфейк-контент, алгоритмдик поляризация жана купуялуулук маселелери сыяктуу этикалык тобокелдиктер каралат. Жыйынтыгында ЖИин саясий чөйрөдөгү колдонулушун жөнгө салуу жана этикалык пайдалануу боюнча сунуштар берилет.

Түйүндүү сөздөр: жасалма интеллект, саясий коммуникациялар, генеративдүү моделдер, дипфейк, санариптик этика, микротаргеттөө, медиасабаттуулук, саясий PR, коомдук маанайды талдоо, Кыргыз Республикасы.

В статье рассматривается влияние искусственного интеллекта на трансформацию политических коммуникаций. Особое внимание уделяется применению генеративных ИИ-моделей в сфере политического PR, включая персонализированную агитацию и анализ общественных настроений. Автор анализирует практические кейсы из США и Кыргызской Республики, а также мнения экспертов. Представлен сравнительный обзор современных ИИ-инструментов, применяемых в политических коммуникациях. Рассматриваются этические риски, такие как распространение дезинформации, дипфейк-контент, алгоритмическая поляризация и проблемы конфиденциальности. В заключение приводятся рекомендации по регулированию и этическому применению ИИ в политической сфере.

Ключевые слова: искусственный интеллект, политические коммуникации, генеративные модели, дипфейк, цифровая этика, микротаргетинг, медиа грамотность, PR в политике, анализ общественного мнения, Кыргызская Республика.

The article explores the impact of artificial intelligence on the transformation of political communications. Special focus is given to the use of generative AI models in political PR, including personalized campaigning and public sentiment analysis. The author examines case studies from the United States and the Kyrgyz Republic, as well as expert opinions. A comparative overview of modern AI tools applied in political communication is presented. Ethical risks such as the spread of disinformation, deepfake content, algorithmic polarization, and privacy issues are discussed. The article concludes with recommendations for regulating and ethically applying AI in the political domain.

Key words: artificial intelligence, political communication, generative models, deepfake, digital ethics, microtargeting, media literacy, political PR, public sentiment analysis, Kyrgyz Republic.

В последние годы технологии искусственного интеллекта (ИИ) стремительно внедряются в сферу политического PR и имиджмейкинга, изменяя привычные методы взаимодействия с аудиторией. ИИ стал фактором, меняющим правила игры в политических коммуникациях благодаря своей способности обрабатывать большие массивы данных и генерировать контент с беспрецедентной скоростью. К примеру, по данным исследования Оксфордского университета, уже в 2020 году цифровые инструменты, такие как чат-боты, алгоритмы микротаргетинга и другие, использовались для манипулирования общественным мнением как минимум в 81 стране мира [1]. Это свидетельствует о глобальном масштабе влияния ИИ на политическую сферу. Политические консультанты всё активнее обращаются к «умным» технологиям для анализа настроений избирателей, прогнозирования результатов и проведения таргетированной агитации.

С появлением мощных генеративных моделей, таких как ChatGPT от OpenAI (2022), стало возможным автоматически создавать тексты выступлений, слоганы и даже видеоролики, адаптированные под конкретную аудиторию. Таким образом, ИИ радикально меняет ландшафт PR-технологий — от управления кампаниями в социальных сетях до взаимодействия со средствами массовой информации. Однако вместе с новыми возможностями он приносит и серьёзные риски: от распространения дезинформации до дипфейк-фальсификаций — искажённых или поддельных аудио- и видеоматериалов, созданных с помощью ИИ. Эти вызовы цифровой этики требуют особого внимания со стороны исследователей и практиков. Настоящая статья посвящена анализу того, как ИИ трансформирует политический PR и какие этические проблемы возникают, в связи с этим трансформационным процессом.

Актуальность темы и научная новизна работы. Использование ИИ в политических коммуникациях находится на стыке технологий и общественных наук, затрагивая качество демократических процессов и общественное доверие. Масштабные скандалы, например, ситуация с Cambridge Analytica в 2016 году, показали, как персональные данные могут быть использованы для политических манипуляций. Тогда данная компания незаконно собрала информацию о десятках миллионов пользователей Facebook и применила методы микротаргетинга для влияния на исход выборов в США. Сегодня же появление генеративного ИИ открывает новую главу: политические актёры получают инструменты для сверхбыстрого создания контента и точного воздействия на целевые группы избирателей. Это создаёт как преимущества, такие как **оперативность и персонализация сообщений**, так и угрозы — **массовое распространение пропаганды и подрыв доверия к информации**.

Научная новизна работы обусловлена быстрым развитием ИИ-технологий — многие из них, особенно **генеративные нейросети (GenAI)**, вошли в широкое употребление лишь в последние 1–2 года, и академическая наука не успевает за практикой. Как подчеркивается в

исследовании Центра по взаимодействию со СМИ (Center for Media Engagement) при Техасском университете (США), существует устойчивый запрос на изучение влияния генеративного ИИ на политические коммуникации и формирование общественного мнения [2]. По сути, формируется новый формат социополитических взаимодействий, определяемый широким применением «умных» средств генерирования и трансляции контента. При этом возникают риски и вызовы нового типа, ранее не существовавшие, – от проблем достоверности информации до угроз приватности данных [3, стр 414]. В данной статье делается попытка внести вклад в новое направление исследований, объединив анализ практических кейсов, экспертные мнения и сравнительную оценку технологий. Новизна работы заключается также в том, что она рассматривает проблему через призму цифровой этики и с учётом локального контекста Кыргызской Республики, который ранее освещался недостаточно.

Контекст исследования важен: хотя основная литература фокусируется на примерах развитых стран (США, Европа), вопросы готовности государств постсоветского пространства к вызовам ИИ практически не изучены, что повышает ценность данной работы.

Материалы и методы исследования. Настоящее исследование носит комплексный характер и основано на методах качественного анализа. Эмпирическая база включает три основных направления: анализ кейсов использования генеративных технологий искусственного интеллекта в политическом PR (прежде всего на примере США в 2022–2024 гг.); обзор экспертных оценок, представленных в публикациях специалистов по цифровым коммуникациям и политическим технологиям; сравнительный анализ современных ИИ-инструментов, применяемых в сфере политического позиционирования и коммуникационного сопровождения.

Анализ кейсов. Были изучены публично задокументированные случаи использования систем наподобие ChatGPT в политических кампаниях. В США уже имеются примеры того, как штабы кандидатов апробируют ChatGPT для написания агитационных текстов, ответов избирателям или сценариев роликов. Согласно данным опросов, около четверти взрослого населения США пробовали ChatGPT [4], а политические консультанты различных партий не ограничиваются экспериментами с генеративным ИИ и уже активно внедряют его в структуру предвыборных кампаний [2, раздел *Findings*]. В частности, отмечается, что локальные предвыборные кампании более склонны использовать такие инструменты, чем федеральные, из-за меньших ресурсов. Также выявлено несколько инцидентов использования ИИ в негативном ключе – например, автоматизированные голосовые обзвоны с синтезированными сообщениями от имени кандидатов, так называемые AI robocalls. Для сбора данных о подобных случаях были использованы открытые источники (статьи, отчёты центров по медиаисследованиям, новости) с обязательной проверкой достоверности информации.

Обзоры экспертных интервью и оценок. Для анализа отношения профессионального сообщества к внедрению ИИ в PR был проведён обзор недавних интервью и опросов экспертов. В частности, в отчёте Центра по взаимодействию со СМИ представлено 21 интервью с политтехнологами, консультантами и кандидатом, использующими ИИ в своей практике [2]. Эти данные позволили выявить консенсус и разногласия среди практиков. К примеру, все опрошенные специалисты подтвердили, что так или иначе уже испытывали инструменты генеративного ИИ в работе. По мнению экспертов, ИИ ощутимо повышает скорость анализа данных и изготовления агитационных материалов, позволяя быстро тестировать множество вариантов сообщений (A/B тестирование) и подбирать наиболее эффективные для разных групп избирателей. Отмечено, что особенно перспективен ИИ в задачах фандрайзинга (сбора пожертвований) и адаптации политических сообщений под определенные культурные контексты. В то же время эксперты предупреждают о проблемах соответствия законам (комплаенс) и этике: небольшие кампании боятся нарушения правил, а недобросовестные акторы могут использовать ИИ без оглядки на ограничения. Также в отчёте отмечается ожидание, что новые технологии помогут

демократизировать избирательный процесс, снизив барьеры для участия молодых и малообеспеченных кандидатов, а также усилят вовлечённость периферийных групп населения [2, раздел *Why are political professionals using generative AI?*].

Сравнительный анализ инструментов. Третий компонент – сравнение возможностей и эффективности популярных AI-инструментов, применяемых в PR и мониторинге общественного мнения. Были отобраны несколько решений, широко используемых на рынке: платформа Brandwatch, система аналитики текста Lexalytics, комплекс для SMM-маркетинга Sprout Social, модуль анализа отзывов Clarabridge (ныне интегрирован в Qualtrics), система мониторинга социальных сетей Hootsuite Insights, аналитическая платформа Talkwalker, инструмент обработки естественного языка Google Cloud Natural Language API и облачная платформа машинного обучения MonkeyLearn.

Критерии сравнительного анализа охватывали базовый функционал, лингвистическую поддержку, методы сентимент-анализа, а также ключевые метрики эффективности, включая точность классификации данных и степень интеграционной совместимости. Данные об инструментах собирались из открытых источников – технической документации, обзоров и независимых исследований. Например, Brandwatch позиционируется как платформа для многоязычного анализа социальных медиа с автоматическим определением тональности сообщений (позитивной, негативной, нейтральной) и распределения эмоций аудитории [5]. В свою очередь, Lexalytics специализируется на глубоком лингвистическом разборе текста и поддерживает до 30 языков, что удобно для анализа мнений в многоязычных сообществах. Все собранные сведения были систематизированы в сравнительную таблицу (см. раздел «Результаты»). Следует отметить, что количественная оценка эффективности этих инструментов затруднена из-за коммерческой закрытости алгоритмов; поэтому упор сделан на качественное сравнение возможностей и известных ограничений. Результаты сравнительного анализа позволили выделить сильные и слабые стороны каждого решения, что важно для понимания степени готовности технологий ИИ к широкому применению в политическом PR.

Результаты исследования.

Кейсы применения ИИ. Анализ практических примеров подтверждает, что искусственный интеллект уже начал трансформировать технологии PR в избирательных кампаниях. В 2023–2024 гг. в США генеративные модели ИИ использовались преимущественно в вспомогательных целях — для черновой подготовки речей, генерации слоганов, ускоренного ответа на типовые вопросы граждан [2, раздел *Key Insights*]. Также ИИ применяется и для более персонализированной работы с избирателями. Так, в 2023 году в американском штате Пенсильвании кандидат Шеймэйн Дэниэлс использовала голосовой AI-бот «Ashley», который совершил более 1000 звонков избирателям с целью агитации. Это первая интерактивная телефонная политическая кампания с использованием искусственного интеллекта [6]. Во время выборов 2024 года в Индонезии использовали ИИ Remilu.AI, который собрал демографические данные и сканировал социальные сети и новостные сайты, что позволило ему генерировать речи, лозунги и контент для социальных сетей, адаптированный под этнические группы на разных языках [7].

Другой кейс – создание таргетированных рекламных объявлений с помощью ИИ: одна из политических организаций тестировала десятки вариантов рекламного сообщения в соцсети, которые отличались подбором риторики под аудиторию (городские либералы vs. сельские консерваторы), после чего алгоритм выявлял наиболее откликающийся вариант. Такой подход резко ускоряет цикл проб и ошибок в PR-стратегии. Отдельно отмечены негативные кейсы: в штате Нью-Гэмпшир зафиксирован инцидент рассылки автоматических звонков избирателям с использованием синтезированного голоса от лица оппонента (содержание звонка содержало дезинформацию). Этот случай иллюстрирует, как злоумышленники могут задействовать ИИ для грязных предвыборных технологий. Тем не менее, широкомасштабного применения ИИ на федеральном уровне в США пока не выявлено, что эксперты связывают с боязнью скандалов и юридической неопределенностью.

В совокупности кейс-стадии показывают, что ИИ-инструменты уже сейчас используются творчески и разносторонне, хотя в основном точно. Их влияние на исход выборов пока трудно измерить, но тенденция задана: дальнейшее проникновение ИИ в политический PR лишь вопрос времени.

Экспертные оценки эффективности. Интерпретация интервью с практиками дала ценный взгляд «изнутри» на результативность ИИ-технологий. Скорость и масштаб: практически все эксперты сходятся во мнении, что главные выигрыши ИИ – это значительное ускорение анализа данных и масштабирование производства контента [2, раздел *Findings*]. Задачи, которые ранее занимали дни, например, анализ тысяч комментариев из соцсетей на настроение, теперь решаются за часы с помощью облачных аналитических сервисов. Это позволяет штабам в режиме реального времени отслеживать изменения общественного мнения и мгновенно корректировать коммуникационную стратегию. Персонализация: Другая отмеченная сильная сторона – способность нейросетей подстраивать стиль сообщений под разные аудитории: ИИ научился имитировать язык и культуру целевых групп, «выглядеть своим» в глазах сообщества, что повышает убедительность агитации. Это особенно важно при работе с молодежью в TikTok, интернет-сообществами или этническими диаспорами – там, где традиционно власть воспринималась отчуждённо. Ограничения и риски: наряду с плюсами эксперты указывают на проблемы. Во-первых, готовые решения (типа ChatGPT) не гарантируют точности – они могут генерировать ошибки, устаревшую или вымышленную информацию. Поэтому ни один серьёзный штаб не использует тексты от ИИ без редактуры человеком. Во-вторых, большие языковые модели склонны к предвзятости, унаследованной из обучающих данных. Это чревато тем, что ИИ может ненамеренно оскорбить ту или иную группу или занять чью-либо сторону в конфликте, если не контролировать его вывод. В-третьих, юридические аспекты: до сих пор нет четких правил, можно ли использовать ИИ для определенных задач кампании (например, для агитации от лица кандидата). Есть опасение, что конкуренты могут обвинить в нарушении избирательного законодательства или этических норм. Всё это делает крупных игроков осторожными – они ждут прецедентов и разъяснений регуляторов. Тем не менее, малые кампании и независимые активисты действуют смелее, поскольку для них ИИ – шанс компенсировать нехватку ресурсов. Экспертные оценки в целом подтверждают: эффективность ИИ-инструментов в PR высока при решении рутинных и аналитических задач, но полная автоматизация коммуникаций пока нецелесообразна и рискованна.

Сравнение AI-инструментов PR-технологий. В ходе исследования проведена оценка ряда популярных инструментов на основе ИИ, используемых в коммуникационной деятельности. В Таблице 1 представлены основные характеристики выбранных решений и условная оценка их эффективности.

Таблица 1 - Сравнение популярных AI-решений для PR-задач

№	Инструмент ИИ	Основное применение	Особенности и эффективность
1.	AI-Powered Social Media Insights (Brandwatch) (Великобритания) www.brandwatch.com	Мониторинг соцмедиа, анализ упоминаний и настроений аудитории, выявление трендов.	Поддерживает более 40 языков; осуществляет определение тональности сообщений (положительная, отрицательная, нейтральная), анализ распределения эмоций и оценку вовлеченности. Эффективен для репутационного менеджмента и отслеживания трендов, но для точного анализа требует настройки под локальный язык.
2.	Lexalytics (Semantia) (США)	Семантический анализ текста из	Использует мощную технологию обработки языка (NLP) для глубокого

	www.lexalytics.com	различных источников (соцсети, отзывы, СМИ).	анализа. Поддерживает около 30 языков. Хорошо извлекает сущности (ключевые данные, такие как имена, места, организации), темы и тональность текста. Часто используется в медиаанализе и исследованиях. Точность работы высока на англоязычных данных, но может зависеть от качества настройки под конкретную область.
3.	Sprout Social (США) https://sproutsocial.com	Анализ отзывов и упоминаний в соцсетях и других каналах.	Он включает AI-модуль, который определяет тональность сообщений и даже анализирует эмодзи. Удобен для быстрой работы с отзывами в соцсетях: помогает быстро понять, как реагируют на сообщения и сортировать обратную связь. Эффективен для оперативного реагирования брендов или политиков, но в сравнении с более специализированными решениями его аналитика менее глубокая.
4.	Clarabridge (Qualtrics) (США) www.clarabridge.com	Анализ клиентских отзывов и упоминаний в многоканальной среде.	Использует сочетание алгоритмов и искусственного интеллекта (модуль Text iQ) для определения тональности и выявления ключевых тем. Преимущество – автоматическая категоризация по темам и расчет индексов настроения. В политическом PR может применяться для опросов и обратной связи (например, анализ комментариев граждан). Эффективно идентифицирует ключевые проблемы, но ориентировано больше на бизнес-задачи, чем на политическую специфику.
5.	Hootsuite Insights (Канада) https://www.hootsuite.com/platform/listening	Мониторинг социальных медиа и управление брендом.	Использует AI для анализа настроений и упоминаний, поддерживает более 50 языков. Особенно эффективен для крупных брендов и политических кампаний, помогает выявлять тренды и мнение аудитории. Удобен для масштабных маркетинговых и PR-кампаний, но может быть ограничен в точности на менее популярных языках.
6.	Talkwalker (Люксембург) www.talkwalker.com	Мониторинг социальных медиа, анализ трендов и репутации.	Предлагает инструменты для мониторинга соцмедиа, видео и новостей с применением AI для анализа настроений и выявления упоминаний. Хорошо работает для

			комплексных кампаний, эффективен в глобальном масштабе, поддерживает более 180 языков. Отличается высокой точностью в анализе визуального контента.
7.	Google Cloud Natural Language API (США) https://cloud.google.com/natural-language	Анализ текста, извлечение информации и анализ настроений.	Мощная NLP-платформа от Google, которая позволяет анализировать текст с использованием ИИ. Подходит для анализа больших объемов данных и автоматизации процессов. Поддерживает несколько языков, включая русский, и имеет отличные возможности по анализу структуры текста и извлечению сущностей (ключевых данных).
8.	MonkeyLearn (США) https://monkeylearn.com	Семантический анализ и машинное обучение для текста.	Платформа с открытым исходным кодом для обучения моделей машинного обучения для обработки текстов. Применяется для извлечения ключевых слов, анализа настроений и классификации текстов. Подходит для небольших и средних компаний, требующих настройки моделей под специфические нужды.

Источник: составлено авторами на основе открытых данных об инструментах.

Интерпретация результатов сравнения.

Как следует из таблицы, различные AI-инструменты решают широкий спектр задач в сфере PR-деятельности, специализируясь на отдельных направлениях анализа и взаимодействия с аудиторией. **Brandwatch** и **Talkwalker** представляют собой мощные аналитические платформы для мониторинга социальных медиа. Оба инструмента ориентированы на отслеживание общественного мнения и анализа тональности высказываний в глобальном масштабе. **Brandwatch** особенно эффективен в выявлении трендов и кризисных ситуаций в режиме реального времени. В свою очередь, **Talkwalker** предлагает расширенные возможности анализа визуального контента (включая изображения и видеоматериалы), что делает его уникальным среди аналогов.

Sprout Social и **Hootsuite Insights** в большей степени сфокусированы на управлении аккаунтами в социальных сетях и взаимодействии с пользователями. Эти платформы обеспечивают мониторинг и анализ пользовательской активности, включая отслеживание тональности сообщений, а также оперативное реагирование на комментарии и запросы. В отличие от **Brandwatch** и **Talkwalker**, они меньше ориентированы на стратегическую аналитику, и больше — на тактическое сопровождение PR-кампаний. **Lexalytics (Semantria)** и **Google Cloud Natural Language API** — это инструменты семантического анализа, предназначенные для обработки больших массивов текстовых данных. Они позволяют извлекать сущности, определять тематику и тональность сообщений. **Google Cloud Natural Language API** характеризуется высокой языковой адаптивностью и глубокой интеграцией с сервисами Google, что делает его удобным для комплексных решений. **Lexalytics**, в свою очередь, обеспечивает более детализированный анализ, нацеленный на профессиональное применение в бизнес- и политических исследованиях. **Clarabridge (Qualtrics)** и **MonkeyLearn** предназначены преимущественно для анализа клиентского опыта и обратной связи. Эти платформы используют алгоритмы машинного обучения для автоматической категоризации текста и определения эмоциональной окраски сообщений. **Clarabridge**

предлагает бизнес-ориентированные инструменты, в то время как **MonkeyLearn** предоставляет пользователю широкие возможности по созданию собственных моделей классификации, что может быть полезно для решения задач политического PR, ориентированного на конкретные аудитории. Все рассмотренные AI-инструменты демонстрируют высокую эффективность в решении узкоспециализированных задач PR. При этом универсального решения, объединяющего все функции, не существует. Выбор конкретного инструмента должен базироваться на четком понимании целей исследования и характера обрабатываемых данных. Таким образом, несмотря на высокий потенциал, AI-инструменты следует рассматривать как вспомогательные: они значительно ускоряют анализ, но итоговые выводы и корректировки стратегии должны делать специалисты, осмысливая данные. Тем не менее, внедрение этих технологий уже сейчас дает конкурентное преимущество – политический коммуникационный процесс становится более научно обоснованным и оперативным, что особенно важно в эпоху стремительных информационных потоков.

Дискуссия.

Трансформация PR-технологий. Результаты исследования подтверждают, что искусственный интеллект меняет правила игры в политическом PR. Традиционные методы – интуитивное написание речей, ручной анализ социологических опросов, массированная реклама по ТВ – дополняются и частично заменяются точечным цифровым воздействием, основанным на данных. Политические кампании все чаще напоминают высокотехнологичные стартапы, где ключевую роль играют аналитики данных (*data scientists*) и алгоритмы машинного обучения. С одной стороны, это повышает эффективность коммуникации: послания становятся более адресными, в нужное время достигают своей аудитории, вызывая требуемый отклик. С другой стороны, возникает риск чрезмерной алгоритмизации политики – когда решения принимаются на основе подсказок ИИ, а не политической интуиции и ценностей. Например, генеративная модель может предложить лозунг, идеально резонирующий с настройками соцсетей, но при этом противоречащий реальной программе кандидата. Если политик в погоне за откликом начнет полностью полагаться на такие рекомендации, велика опасность популизма и манипуляции общественным мнением. Налицо дилемма: как извлечь выгоду из ИИ, сохранив человеческий контроль над содержанием и этикой сообщений.

Вызовы цифровой этики. Самыми острыми в контексте ИИ и политических коммуникаций стали несколько взаимосвязанных этических проблем:

Дезинформация и глубокие фейки. Алгоритмы ИИ упрощают производство фейкового контента, который внешне неотличим от реального. Это включает как текстовые вбросы, такие как автоматически сгенерированные статьи, посты ботов, так и аудиовизуальные фальсификации. Один из первых ярких примеров – *deepfake*-атака в марте 2022 года: в разгар войны появилось фальшивое видео с обращением Президента Украины Владимира Зеленского, призывающего сложить оружие [8]. Видео было сгенерировано нейросетью, взломщики разместили его на телеэкранах и в интернете, пытаясь деморализовать население. Хотя обман раскрылся быстро – неестественность мимики и голоса заметили специалисты и сам Зеленский оперативно опроверг «обращение», случай показал потенциал подобных технологий. Исследования подтверждают, что появление *deepfake* в политическом контексте – тревожный сигнал: люди не готовы отличать ложь, а осведомленность о существовании фейков порой подрывает доверие и к подлинным новостям [9]. В нашем анализе реакций на подобные видео обнаружилось интересное явление: дефицит медиаграмотности ведет к тому, что публика начинает сомневаться даже в реальных видеосвидетельствах событий, считая их возможным *deepfake*. Парадоксально, но борьба с фейками (предупреждая о них) может породить эффект недоверия – известный как «дивиденд лжеца», когда любой неудобный факт объявляется фальшивкой. Задача общества – найти баланс между разоблачением технологий обмана и сохранением доверия к проверенной информации. Использование технологий глубоких фейков зафиксировано и в Кыргызской Республике. Так, были выявлены случаи

создания поддельных видеороликов с участием высокопоставленных должностных лиц, включая Президента Садыра Жапарова и экс-председателя Кабинета Министров Акылбека Жапарова [10]. В данных видео граждан призывали инвестировать в сомнительные проекты. Злоумышленники прибегали к технологиям синтеза речи и замены движения рта, чтобы создать визуально достоверный контент, вызывающий доверие у аудитории. Кроме того, в целях усиления манипулятивного эффекта, преступники создавали поддельные новостные сайты, имитирующие известные информационные ресурсы, например, 24.kg, и размещали на них фальсифицированные материалы от имени официальных лиц [11]. Подобная стратегия способствует усилению правдоподобности ложных сообщений и затрудняет их оперативное разоблачение. На данный момент отсутствуют подтвержденные случаи применения deepfake-технологий в политической борьбе на территории Кыргызской Республики. Тем не менее, учитывая общемировые тенденции, существует высокая вероятность их использования в будущем – в частности, в ходе парламентских выборов в Жогорку Кенеш в 2026 году и президентских выборов в 2027 году. Это подчёркивает необходимость своевременной разработки нормативных и технологических механизмов противодействия подобным угрозам.

Алгоритмические «пузыри» и поляризация. Искусственный интеллект в социальных платформах управляет лентой новостей каждого пользователя, подбирая контент по его интересам и прошлому поведению. Эта персонализация ведет к феномену *filter bubble* – информационного пузыря, в рамках которого человек видит в основном мнения, совпадающие с его изначальными взглядами [12]. Алгоритмы отсекают несогласные точки зрения, чтобы дольше удерживать внимание, создавая иллюзию консенсуса. В результате аудитория дробится на изолированные группы, или эхо-камеры, внутри которых усиливается радикализация взглядов. Для политического PR это палка о двух концах: с одной стороны, можно очень точно бить в целевые группы, используя их язык и триггеры (как раз то, что умеют делать ИИ-генераторы контента). С другой – общественный диалог страдает, взаимопонимание между различными слоями населения падает, что чревато ростом экстремизма и расколом. Ключевой этический вопрос: допустимо ли намеренно эксплуатировать алгоритмические пузыри ради победы на выборах? Многие эксперты сходятся во мнении, что такая стратегия губительна для демократии в долгосрочной перспективе [13]. Необходимо либо технически ослаблять действие пузырей, встраивая «случайный контент» вне предпочтений, либо законодательными мерами обязывать платформы обеспечивать плюрализм в выдаче новостей.

Прозрачность и ответственность алгоритмов. Еще один вызов – «черный ящик» решений ИИ. Современные модели, особенно в социальных медиа-мониторинге, часто не раскрывают принципов работы (проприетарные алгоритмы). PR-специалист получает некий результат (например, рейтинг тональности или список «ключевых влиятельных аккаунтов»), но не знает, как ИИ к этому пришел. Это затрудняет проверку и может вводить в заблуждение. Так, сравнение показало, что отчеты некоторых платформ могут быть весьма неточными [14], однако пользователь может этого не осознавать и доверять ошибочным данным. Этические стандарты требуют повышать прозрачность: разработчики должны раскрывать хотя бы общую логику моделей, а исследователи – тестировать их на валидность. Проблема в том, что пока индустрия не спешит делиться ноу-хау. Решение видится в независимых аудиторских проверках алгоритмов, а также в развитии открытых альтернатив (open-source моделей) для анализа данных, где экспертиза доступна всем.

Конфиденциальность и микротаргетинг. Использование ИИ для микротаргетирования опирается на сбор и анализ персональных данных избирателей – соцдем профилей, истории онлайн-активности, подписок и лайков. Это порождает риск нарушения цифровых прав человека. Без должного контроля политические кампании могут вторгаться в личное информационное пространство граждан, проводя скрытые психологические воздействия. Уже сейчас существуют инструменты, способные по цифровому следу создавать психологический портрет человека и подбирать максимально убедительные именно для него аргументы. Этическая грань здесь очень тонка: где

заканчивается легитимная агитация и начинается манипуляция? В Евросоюзе, например, обсуждается запрет на политическую рекламу, основанную на чувствительных персональных данных, таких как религия или здоровье [15]. В более широком плане, любое применение ИИ должно соответствовать принципу информированного согласия: граждане вправе знать, что их данные используются и влияют на выдачу контента. В противном случае доверие к политическим институтам может существенно подорваться.

Необходимость законодательного регулирования. Учитывая перечисленные вызовы, становится очевидной важность госрегулирования использования ИИ в политике. Многие страны уже предпринимают шаги в этом направлении. На наднациональном уровне в Евросоюзе готовится Акт об ИИ, который введет ограничения на некоторые высокорисковые сценарии, например, социальный рейтинг и массовую слежку, и обяжет раскрывать факт использования ИИ в определенных продуктах. В рамках СНГ в 2024 году на межгосударственном уровне одобрен проект модельного закона «О технологиях искусственного интеллекта», призванный унифицировать подходы к регулированию в странах содружества [16]. В нем декларируется цель – установить единые правила использования ИИ во благо людей, безопасности и развития экономики.

Для нашей страны вопросы регулирования ИИ также выходят на повестку. В Кыргызской Республике разработан Цифровой кодекс – первый комплексный нормативный акт, который, в том числе, будет охватывать сферу ИИ [17]. Согласно заявлениям Министерства цифрового развития КР, подход умеренно осторожный: предполагается, что ИИ-системы в госсекторе будут выступать лишь помощниками человека, без права автономного принятия решений [18]. Особое внимание планируется уделить защите персональных данных и предотвращению злоупотреблений новыми технологиями. Это позитивный шаг, указывающий на признание проблемы на государственном уровне. Однако законодателей ждет непростая работа по детализации норм: нужно учесть и deepfake-контент, и ботов, и алгоритмическую дискриминацию. Кроме того, помимо законов, важны практические меры – например, усиление ответственности за сознательное распространение ИИ-сгенерированных ложных сведений, требование маркировать политическую рекламу, созданную с помощью ИИ, и т.д. Международный опыт (США, ЕС) может служить ориентиром: там уже обсуждаются поправки, обязывающие кампании раскрывать применение deepfake в агитационных материалах и вводящие штрафы за нарушения.

Кыргызская Республика: риски и вызовы на местном уровне.

Хотя Кыргызстан не располагает столь же мощными технологиями, что мировые лидеры, глобальные тренды быстро отражаются и на локальной информационной среде. Стоит учитывать несколько моментов: (1) Уровень цифровой грамотности населения относительно невысок, особенно за пределами столицы. Это означает, что люди более уязвимы к обману – фальшивые видео или сообщения могут воспринять на веру. Следовательно, необходимы просветительские кампании и включение темы медиаграмотности, включая умение распознавать deepfake в образовательные программы. (2) Информационная безопасность. Кыргызская Республика уже сталкивалась с проблемами верификации информации в кризисных ситуациях. В условиях, когда в информационное поле могут вбрасываться ИИ-сгенерированные материалы, в том числе из-за рубежа, от недружественных акторов, важно укреплять системы фактчекинга. В Кыргызстане есть независимые ресурсы типа Factcheck.kg, их роль будет возрастать. Вероятно, целесообразно создание при государственных структурах подразделений, отслеживающих дезинформационные атаки с применением ИИ. (3) Использование ИИ во благо. Наряду с рисками, Кыргызская Республика может извлечь из ИИ значительные выгоды для развития демократических процессов. Например, чат-боты на базе ИИ могли бы помочь государственным органам отвечать гражданам на частые запросы, тем самым повысив открытость власти, автоматизированный анализ обращений граждан мог бы выявлять болевые точки общества и формировать повестку для депутатов. Уже реализуются пилотные проекты – как отмечалось в прессе, власти начали внедрять ИИ в работу госорганов, пусть

пока и ограниченно [19]. Важно, чтобы эти инициативы сопровождались тщательной оценкой этических последствий и обучением персонала. Международные примеры показывают, что потенциал ИИ можно направить на благо: от расширения участия граждан (e-democracy, консультационные платформы с ИИ-модерацией) до повышения прозрачности выборов (аналитика нарушений на основе видео с участков). Для этого необходимо развивать экспертный потенциал внутри страны – поддерживать исследования на стыке технологий и общественных наук, привлекать молодых специалистов в эту сферу.

Подводя итог дискуссии, подчеркнем: цифровая этика должна стать неотъемлемой частью стратегий внедрения ИИ в политические коммуникации. ИИ – всего лишь инструмент, и его влияние на общество определяется тем, в чьих руках он находится и с какими намерениями используется. Регулирование, просвещение и саморегуляция профессионального сообщества PR – три кита, на которых должна базироваться безопасная интеграция искусственного интеллекта в политическую жизнь.

Выводы:

1. **Искусственный интеллект как драйвер перемен.** Искусственный интеллект уже сегодня выступает ключевым фактором трансформации политического PR. Он приносит качественно новые возможности: автоматизация рутинных процессов (мониторинг СМИ, ответы избирателям), глубинная аналитика больших данных (настроения электората, тренды соцсетей) и персонализация агитации под небольшие целевые группы. Все это повышает эффективность коммуникаций власти с обществом, делая их более точными и своевременными. Ожидаемый эффект заключается в повышении эффективности избирательных кампаний за счёт перехода к модели, ориентированной на использование данных, что способствует оптимизации расходов и потенциальному росту результативности.
2. **Этические риски и барьеры.** Одновременно с позитивными изменениями, широкое внедрение ИИ несет серьёзные риски для политической сферы. Среди главных вызовов: угроза распространения дезинформации и поддельного контента, усиление разобщённости общества из-за алгоритмических «пузырей», отсутствие прозрачности в работе AI-систем, возможность нарушения прав граждан при микротаргетинге. Эти факторы могут подорвать доверие к институтам и справедливости политического процесса. Наше исследование подтверждает, что без целенаправленных усилий по этическому контролю негативные последствия ИИ способны перевесить пользу.
3. **Рекомендации и предложения.** Авторы, на основе проведенного анализа, предлагают следующие меры:

(a) Разработка чётких регламентов использования искусственного интеллекта в избирательных кампаниях и системе государственного управления, включая нормативно закреплённую ответственность за злоупотребление AI-технологиями. В Кыргызской Республике такую роль должен сыграть Цифровой кодекс, разработанный, но ещё не принятый на национальном уровне. Важно, чтобы его положения охватывали вопросы, связанные с политическими коммуникациями и применением ИИ в этой сфере.

(b) Маркировка AI-контента – ввести требование помечать материалы, созданные или существенно отредактированные ИИ, особенно агитационные, чтобы избиратели знали об этом.

(c) Поддержка фактчекинга и технологий обнаружения deepfake. Государство и гражданское общество должны инвестировать в системы автоматического распознавания фейковых видео/аудио, возможно сотрудничать с международными компаниями в этой сфере, и одновременно развивать сети проверяющих фактов.

(d) Образовательные инициативы. Необходимо повысить цифровую грамотность населения: включать в программы обучения модуль о современных медиатехнологиях, проводить информационные кампании о том, как отличать правду от лжи в интернете. Это сформирует более устойчивое к манипуляциям общество.

(е) Этические кодексы для политтехнологов. Профессиональное сообщество PR-агентств и консультантов могло бы разработать саморегулирующий кодекс, где прописать допустимые и недопустимые приемы использования ИИ (например, запрет на заведомо ложные deepfake-материалы).

4. **Направления дальнейших исследований.** Данное исследование носит обзорный характер и затрагивает широкую проблематику. Перспективными направлениями для будущих научных работ являются: более глубокое изучение восприятия гражданами AI-агитации (как избиратели реагируют на сгенерированные нейросетью лозунги, меняется ли степень доверия), проведение контрольных экспериментов по эффективности различных AI-инструментов в реальных кампаниях, мониторинг применения ИИ в политике в странах Центральной Азии (сбор эмпирических данных по Кыргызстану, Казахстану и др.), а также разработка практических рекомендаций для органов власти по внедрению ИИ с учетом этических норм.

Подводя итог, отметим главное: ИИ в политических коммуникациях – это не будущее, а уже настоящее, и от нас зависит, станет ли он инструментом прогресса и открытости или оружием манипуляции. Ответственная, осознанная интеграция ИИ может усилить позитивный эффект PR-технологий – повысить информированность и участие граждан, улучшить обратную связь власти с народом. Но для этого нужны грамотное управление инновациями и пиризация принципов цифровой этики.

Список литературы

1. Bradshaw S., Bailey H., Howard P. N. Industrialized Disinformation: 2020 Global Inventory of Organized Social Media Manipulation. – University of Oxford, 2021 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/12/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>
2. Center for Media Engagement. Generative AI, Elections, and Beyond [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mediaengagement.org/research/generative-ai-elections-and-beyond/>
3. Володенков, С. В. Риски, угрозы и вызовы внедрения искусственного интеллекта и нейросетевых алгоритмов в современную систему социально-политических коммуникаций: по материалам экспертного исследования [Текст] / С.В. Володенков, С. Н. Федорченко, Н. М. Печенкин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Политология. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 406–424 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://journals.rudn.ru/political-science>
4. Pew Research Center. Americans' use of ChatGPT is ticking up, but few trust its election information. – 2024 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pewresearch.org/short-reads/2024/03/26/americans-use-of-chatgpt-is-ticking-up-but-few-trust-its-election-information/>
5. Анализ Data-light. Тональности текста: как и зачем его использовать [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://data-light.ru/blog/analiz-tonalnosti-teksta-kak-i-zachem-ego-ispolzovat/>
6. A Democratic campaign deploys the first synthetic AI caller // Politico. – 2023. – 12 декабря [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.politico.com/news/2023/12/12/democratic-campaign-ai-caller-00131180>
7. Lamb K., Potkin F., Theresia A. Generative AI could shape elections this year. Indonesia shows how // Reuters. – 2024. – 8 February [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.reuters.com/technology/generative-ai-faces-major-test-indonesia-holds-largest-election-since-boom-2024-02-08/>
8. Deepfake video of Ukrainian President Zelenskyy surfaces online // NPR. – 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.npr.org/2022/03/16/1087062648/deepfake-video-zelensky-experts-war-manipulation-ukraine-russia>

9. Jacobsen B. N., Simpson J. The tensions of deepfakes // Information, Communication & Society. – 2024. – Vol. 27, No. 6. – P. 1095–1109 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/1369118X.2023.2234980>

10. Не спешите, если президент предлагает много денег: как мошенники используют ИИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://24.kg/obshchestvo/298463_nespeshite_esli_prezident_predlagaet_mnogo_deneg_kak_moshenniki_ispolzuuyutii/

11. Мошенники подделывают сайт 24.kg и распространяют ложную информацию // Институт Медиа Полиси [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://media.kg/news/moshenniki-poddelyvayut-sajt-24-kg-i-rasprostranyayut-lozhnuyu-informacziyu/>

12. Opinion Bubbles and Echo Chambers: Global Evidence of Their Impact on Social Media // MDPI. – 2024 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2075-4698/15/4/75>

13. Technological Culture and Politics: Artificial Intelligence as the New Frontier of Political Communication // Societies. – 2025. – Vol. 15, No. 4. – P. 75 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2075-4698/15/4/75>

14. Examining Implications of Search Query Construction on Sentiment Analysis: The Case of Brandwatch // Journal of Current Issues and Research in Advertising. – 2024. – Vol. 45, No. 3. – P. 1–18 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/383068914_Examining_Implications_of_Search_Query_Construction_on_Sentiment_Analysis_The_Case_of_Brandwatch

15. European Commission Proposal on Political Advertising. – 2021// EUR-Lex [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0731>

16. В СНГ в 2025 году завершат разработку модельного закона о технологиях искусственного интеллекта // Евразийский центр коммуникаций и информации (ECCIS) [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eccis.org/news/28046/v_sng_v_2025_godu_zavershat_razrabotku_modelnogo_zakona_o_tehnologijah_iskusstvennogo_intellekta

17. Кыргызстан первым среди стран СНГ разработал свой Цифровой кодекс // Vesti.kg [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vesti.kg/obshchestvo/item/134330-kyrgyzstan-pervym-sredi-stran-sng-razrabotal-svoj-tsifrovij-kodeks.html>

18. Риск или возможность? Власти Кыргызстана начинают внедрять искусственный интеллект в работу госсектора // Радио Азаттык (Кыргызская служба Радио Свобода). – 2024. – 5 февраля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rus.azattyk.org/a/32802618.html>

19. Глава Минцифры ответила, как в работу госорганов внедряется искусственный интеллект // Kaktus.media [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://kaktus.media/doc/510840_glava_mincifry_otvetila_kak_v_raboty_gosorganov_vnedriaetsia_iskusstvennyy_intellekt.html

А. Т. Таалайбекова, И. М. Маматбеков, К. К. Кадыркулова, Лян Чжаньхао
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. T. Taalaybekova, I. M. Mamatbekov, K. K. Kadyrkulova, Liang Zhanhao
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
ayzharkynt@inbox.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ В ТЕННИСЕ НА ОСНОВЕ СКЕЛЕТНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ALPHAPOSE И МОДЕЛЕЙ СЕТИ GCN

ALPHAPOSE ЖАНА GCN TOP МОДЕЛДЕРИН КОЛДОНУУ МЕНЕН ТЕННИСТЕГИ АРАКЕТТЕРДИ СКЕЛЕТТИК МААЛЫМАТТАРГА НЕГИЗДЕП КЛАССИФИКАЦИЯЛОО

ACTION CLASSIFICATION OF TENNIS SKELETAL DATA BASED ON ALPHAPOSE USING GCN NETWORK MODELS

Спорт аналитикасында автоматташтырылган системалардын тездик менен өнүгүшү машыгууларды жакшыртуу жана жыйынтыктарды баалоо үчүн аракеттерди так классификациялоонун зарылдыгын баса белгилейт. Бул изилдөө AlphaPose позаны баалоо системасы аркылуу алынган скелеттик маалыматтардын негизинде теннис аракеттерин классификациялоо үчүн графтык конволюциялык тармакты (GCN) колдонгон жаңы ыкманы сунуштайт. Салттуу конволюциялык тармактардан айырмаланып, GCN адам скелетине мүнөздүү графтык түзүлүштү колдонот, бул кыймыл-аракеттердин динамикалык мейкиндиктик байланышын так кармоого шарт түзөт. Бул ыкма стандарттуу теннис кыймылдарынан турган маалыматтар топтомунда кылдат сыноодон өтү жана GCN салттуу нейрон тармактарына салыштырмалуу жогору тактык көрсөткүчүн көрсөттү. Натыйжаларга ылайык, GCN 85% тактыкка жетип, 60% көрсөткүчкө ээ болгон салттуу конволюциялык нейрон тармагынан кыйла жогору жыйынтык берди. Бул жыйынтыктар GCNдин спорттук кыймылдарды анализдөөдө натыйжалуулугун тастыктап, аракеттерди классификациялоонун кеңири контекстинде келечектеги изилдөөлөр үчүн багыттарды сунуштайт.

Түйүндүү сөздөр: *графикалык конволюциялык тармак, ТТБ, теннис аракеттеринин классификациясы, скелет маалыматтары, тактыкты салыштыруу, спорт аналитикасы, позаны баалоо, кыймыл талдоо, аткарууну жакшыртуу, терең үйрөнүү.*

Быстрое развитие автоматизированных систем в аналитике спорта подчеркивает необходимость точной классификации действий для улучшения тренировок и оценки результатов. Данное исследование представляет новый подход с использованием графовой сверточной сети (GCN) для классификации теннисных действий на основе скелетных данных, полученных с помощью системы оценки поз AlphaPose. В отличие от традиционных сверточных сетей, GCN использует графовую структуру, присущую моделям человеческого скелета, что обеспечивает надежную основу для захвата динамических пространственных отношений движений. Этот метод был тщательно протестирован на наборе данных, состоящем из стандартных теннисных движений, где GCN продемонстрировала более высокую точность по сравнению с традиционными подходами нейронных сетей. Результаты показывают, что GCN достигла точности в 85%, значительно превосходя точность сверточной нейронной сети, которая составила 60%. Сделанные выводы подчеркивают эффективность GCN в анализе спортивных движений и предлагают

направления для будущих исследований в более широких контекстах классификации действий.

Ключевые слова: графовая сверточная сеть, AlphaPose, классификация теннисных действий, скелетные данные, сравнение точности, спортивная аналитика, оценка позы, анализ движений, повышение производительности, глубокое обучение.

The rapid advancement of automated systems in sports analytics has emphasized the need for precise action classification to enhance coaching and performance evaluation. This study introduces a novel approach by employing a Graph Convolutional Network (GCN) for classifying tennis actions using skeletal data derived from AlphaPose, an advanced pose estimation system. Unlike traditional convolutional networks, the GCN leverages the graph structure inherent in human skeletal models, offering a robust framework for capturing the dynamic spatial relationships of movements. This method was rigorously tested using a dataset comprised of standard tennis movements, where the GCN demonstrated superior accuracy compared to conventional neural network approaches. Results indicate that the GCN achieved an 85% accuracy rate, significantly outperforming the Convolutional Neural Network's 60% accuracy. The conclusions drawn underscore the effectiveness of GCN in sports motion analysis and suggest avenues for future research in broader action classification contexts.

Key words: graph convolutional network, AlphaPose, tennis action classification, skeletal data, accuracy comparison, sports analytics, pose estimation, motion analysis, performance enhancement, deep learning.

Введение. В последние годы анализ человеческого движения с использованием методов компьютерного зрения претерпел значительные изменения, открыв широкие перспективы в различных сферах — от медицины и спорта до робототехники и человеко-машинного взаимодействия [1]. Особенно активно данные технологии внедряются в спортивной индустрии, где точный анализ движений играет важную роль в улучшении техники, повышении эффективности тренировок, а также в профилактике травм и оценке физической готовности спортсменов [2]. В таких технически насыщенных и динамичных видах спорта, как теннис, малейшие детали в положении тела, координации и балансе могут существенно повлиять на исход поединка.

Традиционные методы анализа движений, основанные на визуальных наблюдениях тренеров или экспертов, обладают рядом ограничений: они субъективны, трудоемки, требуют значительных временных затрат и часто сопровождаются человеческими ошибками [3]. Эти недостатки стимулировали развитие автоматизированных систем, основанных на алгоритмах машинного обучения и компьютерного зрения. Одним из наиболее перспективных решений стала технология AlphaPose — высокоточная система оценки позы, способная в реальном времени извлекать скелетную информацию из видеопотока с высокой точностью [4]. AlphaPose обеспечивает идентификацию и отслеживание большого количества ключевых точек на теле человека, включая суставы верхних и нижних конечностей, туловища и головы [5]. Это делает её особенно ценной для анализа сложных, многоступенчатых движений, таких как подача, удар справа или слева в теннисе.

Параллельно с развитием инструментов оценки позы стремительно развивается область обработки скелетных данных с помощью графовых сверточных сетей (Graph Convolutional Networks, GCN). В отличие от традиционных нейронных сетей, GCN эффективно обрабатывают структурированные данные в виде графов, где узлы соответствуют суставам, а рёбра — анатомическим или функциональным связям между ними [6]. Это позволяет моделировать как пространственные, так и временные зависимости, критически важные для понимания сложных двигательных паттернов [7][8]. Использование GCN обеспечивает

возможность распознавания действий на основе скелетных конфигураций и их динамики, что особенно важно в задачах классификации движений, таких как спортивные действия в теннисе.

Интеграция AlphaPose и GCN образует мощную архитектуру для анализа и классификации теннисных движений. Сначала с помощью AlphaPose извлекаются точные скелетные координаты из видеоданных, после чего они подаются на вход модели GCN, способной выявлять характерные паттерны движений для их последующей классификации [9]. Такой подход не только значительно повышает точность анализа, но и обеспечивает масштабируемость и адаптивность системы к различным условиям съёмки и уровням подготовки спортсменов. Кроме того, данная методика может применяться в реальном времени, открывая возможности для создания интеллектуальных тренировочных систем, персонализированных рекомендаций и даже автоматической оценки техники игрока.

Цель данного исследования — разработка и валидация модели классификации теннисных действий, основанной на графовых сверточных сетях, с использованием скелетных данных, полученных с помощью AlphaPose. Ожидается, что предложенный подход станет эффективным инструментом для анализа спортивных техник, обеспечивая точную, объективную и воспроизводимую оценку действий спортсменов, тем самым способствуя повышению качества тренировочного процесса и общему улучшению спортивных результатов.

Методы исследования. В данном исследовании применён всеобъемлющий и систематизированный подход к задаче классификации теннисных действий на основе скелетных данных, извлечённых из открытых онлайн-наборов изображений, содержащих разнообразные позиции и движения теннисистов. Такой выбор источника данных позволяет обеспечить разнообразие в движениях, позах и углах съёмки, тем самым повышая обобщающую способность обучаемой модели.

Как представлено на рисунке 1, весь процесс анализа состоит из нескольких ключевых этапов. На первом этапе осуществляется сбор и предварительная фильтрация изображений, представляющих различные теннисные действия. Далее изображения обрабатываются с помощью AlphaPose — одного из самых современных и надёжных инструментов для оценки человеческой позы, демонстрирующего высокую точность даже в условиях сложных ракурсов и перекрытий.

С помощью AlphaPose из каждого изображения извлекаются ключевые точки скелета, такие как плечи, локти, запястья, таз, колени и лодыжки. Эти точки позволяют точно описать положение и конфигурацию тела игрока на каждом кадре. После оценки позы отдельные кадры трансформируются в временные последовательности координат, которые представляют собой динамику движений в виде набора скелетных точек во времени. Это обеспечивает возможность анализа не только статических положений, но и плавных переходов между ними, что крайне важно для точной идентификации теннисных техник.

Полученные данные подаются на вход графовой сверточной сети (GCN). Эта архитектура, специально предназначенная для работы с графовыми структурами, рассматривает каждую ключевую точку как узел графа, а их связи — как рёбра, отражающие анатомические и функциональные отношения между суставами. Такой способ представления данных позволяет модели учитывать как локальные (между соседними суставами), так и глобальные зависимости (например, координацию верхней и нижней части тела), что значительно увеличивает качество распознавания.

На этапе классификации GCN изучает пространственно-временные паттерны, присущие каждому типу действия (например, подача, форхенд, бэкхенд, волей), и производит предсказание соответствующей категории. Этот процесс сопровождается обучением модели

на размеченном наборе скелетных данных, что позволяет GCN автоматически выявлять характерные особенности движений, уникальные для каждого типа удара.

Таким образом, представленная методология — от сбора и обработки изображений, оценки поз с помощью AlphaPose до построения графов и последующей классификации через GCN — формирует цельную архитектуру, способную проводить точный, надёжный и расширяемый анализ теннисных действий. Кроме того, предложенный подход обладает высокой масштабируемостью, что делает его применимым не только к теннису, но и к другим видам спорта или задачам, связанным с анализом человеческой моторики, включая медицинскую диагностику, реабилитацию и мониторинг активности.

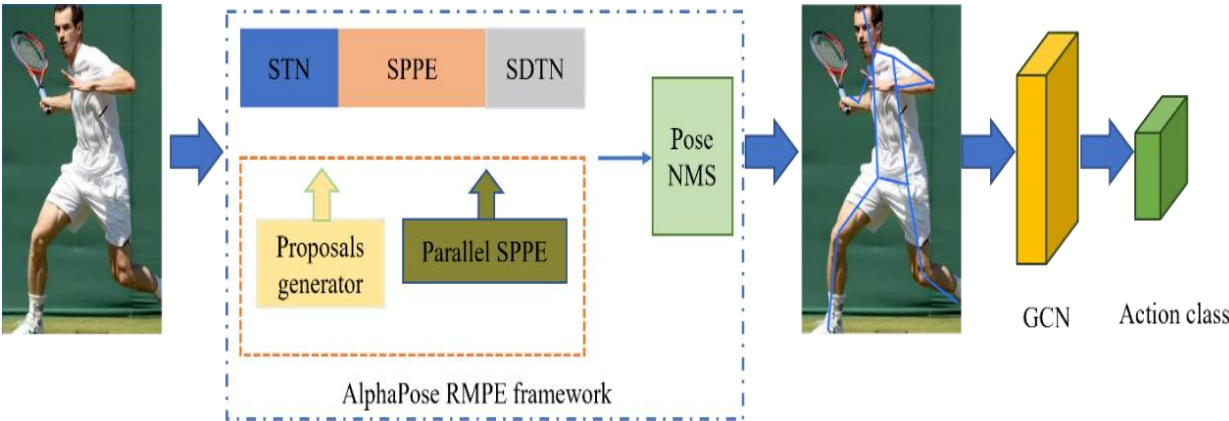


Рисунок 1 - Структура классификации теннисных действий с использованием AlphaPose и GCN

Результаты и обсуждение. В рамках настоящего исследования был реализован и протестирован подход, основанный на графовой сверточной сети (GCN), для задачи классификации теннисных действий. Как видно из Таблицы 1 и Рисунка 2, предложенная модель продемонстрировала высокую эффективность, достигнув точности в 85%, что существенно превышает результаты традиционной сверточной нейронной сети (CNN), точность которой составила лишь 60% на аналогичном наборе данных.

Дополнительно проведённый анализ матрицы ошибок показывает, что модель GCN способна равномерно и стабильно распознавать все четыре категории теннисных действий — подачу, форхенд, бэкхенд и волей — с одинаково высокой точностью (85% для каждой категории). Это свидетельствует о сбалансированной обученности модели и отсутствии смещения в сторону каких-либо конкретных классов. Количество ошибок классификации оказалось минимальным, а неверные предсказания в большинстве случаев происходили между технически схожими движениями, что подчёркивает высокую чувствительность модели к тонким различиям в действиях.

Кроме того, устойчивость результатов на различных подвыборках демонстрирует хорошую обобщающую способность модели, что делает её применимой в реальных условиях, где может варьироваться одежда спортсменов, фон, освещение и ракурсы съёмки. Это также подтверждает, что скелетные данные, извлечённые с помощью AlphaPose, сохраняют свою информативность и достаточны для построения высокоточной модели распознавания действий.

Таблица 1 - Сравнение точности между моделями GCN и CNN

Модель	Точность (%)
GCN	85
CNN	60

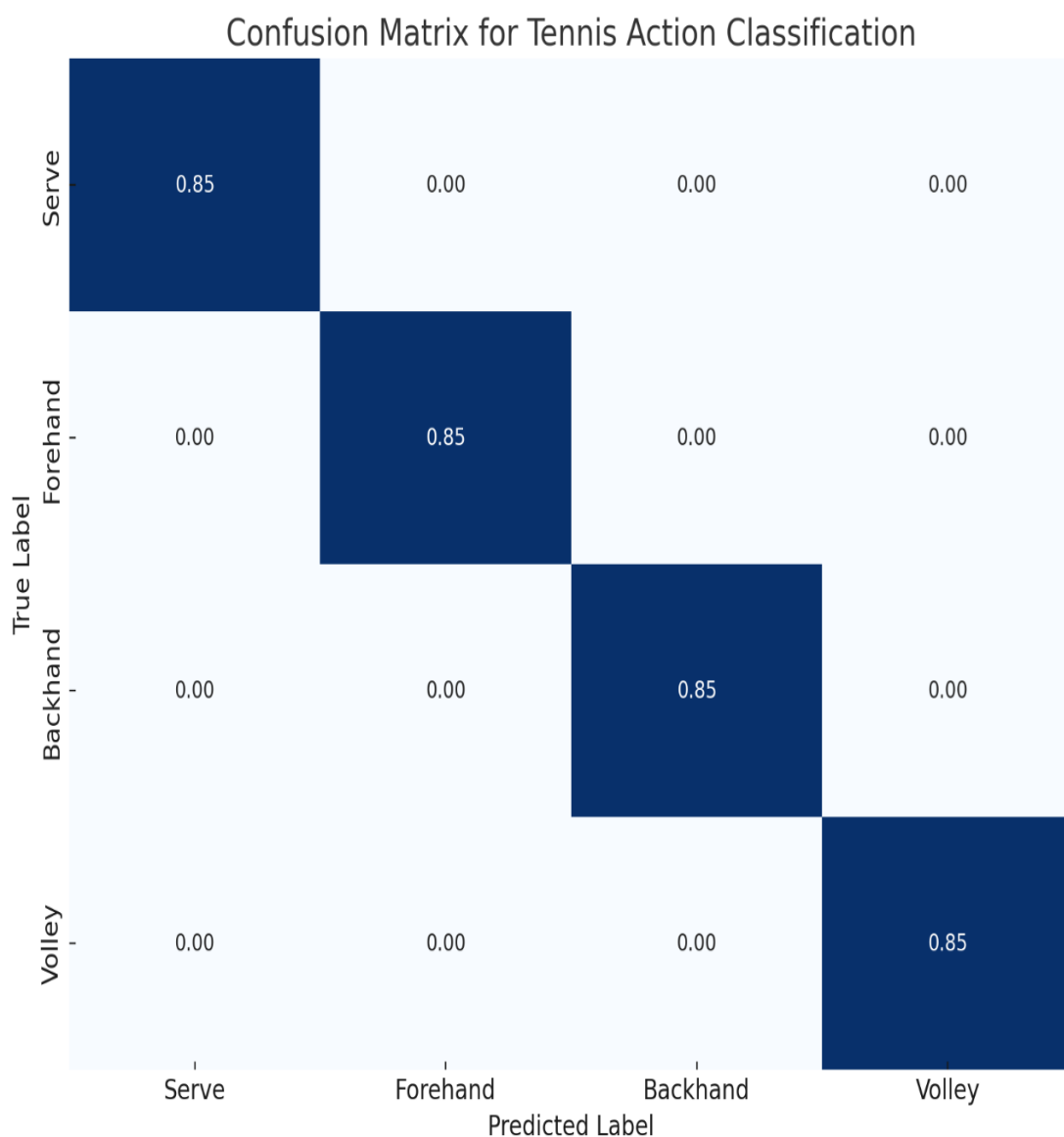


Рисунок 2 - Матрица ошибок для классификации теннисных действий

Такая высокая точность в первую очередь обусловлена способностью графовой сверточной сети (GCN) эффективно моделировать как временные, так и пространственные зависимости, присущие скелетным данным, извлечённым из видео теннисных действий. В отличие от сверточных нейронных сетей (CNN), которые хорошо работают с изображениями, представляемыми в виде регулярных двумерных решёток, GCN специально разработаны для обработки нерегулярных структур данных, таких как графы, в которых узлы (в данном случае — суставы) связаны рёбрами, отражающими анатомические или функциональные связи между ними.

Во время выполнения теннисных движений, таких как подача, форхенд, бэкхенд и волей, между суставами происходят сложные координированные взаимодействия, которые проявляются в строго определённых паттернах. Эти паттерны не только варьируются от действия к действию, но и характеризуются последовательностью и зависимостью в пространстве и времени. GCN способны одновременно учитывать расположение суставов и их изменения во времени, что особенно важно для анализа спортивных движений, отличающихся высокой скоростью и технической сложностью.

Благодаря этой способности, GCN точно фиксируют ключевые кинематические особенности: например, положение плеча относительно таза при подаче, синхронность движения рук и ног при ударе справа или распределение веса тела во время волея. Структура

скелета естественным образом формирует граф, в котором топология тела может быть напрямую использована моделью для анализа. Это делает GCN особенно подходящими для задач, в которых пространственные отношения между элементами (в данном случае — частями тела) играют критически важную роль.

Таким образом, превосходство GCN над CNN в контексте распознавания теннисных действий объясняется не только архитектурными особенностями сети, но и природой самих данных, идеально подходящих под графовую форму представления. В результате GCN способны обеспечивать более глубокое понимание двигательных паттернов и, как показано в экспериментальных результатах, значительно превосходят CNN по точности классификации.

Вывод. Это исследование демонстрирует эффективность использования графовой сверточной сети (GCN) для классификации теннисных действий, достигая впечатляющей точности в 85%. Модель GCN значительно превзошла традиционную сверточную нейронную сеть (CNN), которая достигла точности только 60%. Сила GCN заключается в их способности обрабатывать данные, структурированные в виде графов, что особенно подходит для анализа сложных пространственных отношений в человеческом движении. Эти результаты предполагают, что GCN обладают большим потенциалом для улучшения анализа движений в спорте и могут быть дополнительно исследованы для более широких применений в других деятельности, требующих детального распознавания и анализа движений.

Список литературы

1. Fetisova, Y. Applying the Expert-Novice Paradigm in Tennis Coaching: Improving Coaches' Knowledge, Diagnostic Skills and Understanding of the Tennis Serve Technique: Diss. Victoria University, 2021.
2. Luvizon, D.C., Picard D., Tabia H. Multi-task deep learning for real-time 3D human pose estimation and action recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2020. Vol. 43, № 8. P. 2752–2764.
3. Liu, L., Dai Y., Liu Z. Real-time pose estimation and motion tracking for motion performance using deep learning models // Journal of Intelligent Systems. 2024. Vol. 33, № 1. Article ID: 20230288.
4. Hong, D., Gao L., Yao J., Zhang B., Chanussot J., Xiao X. Graph convolutional networks for hyperspectral image classification // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2020. Vol. 59, № 7. P. 5966–5978.
5. Rao, B., Zhang L., Zhang G. ACP-GCN: The identification of anticancer peptides based on graph convolution networks // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 176005–176011.
6. Liu, S., Park J.H., Yoo S. Efficient and effective graph convolution networks // Proceedings of the 2020 SIAM International Conference on Data Mining. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2020. P. 89–97.
7. Панков, П. С. Математические и компьютерные модели пространственных понятий в кыргызском языке [Текст] / П. С. Панков, С. Ж.Карабаева // Научные исследования в Кыргызской Республике. 2016. № 3. С. 4–8.
8. Ahmad, T., Ismail F., Javaid A.Y., et al. Graph convolutional neural network for human action recognition: A comprehensive survey // IEEE Transactions on Artificial Intelligence. 2021. Vol. 2, № 2. P. 128–145.
9. Yusuf, A.A., Chong F., Mao. An analysis of graph convolutional networks and recent datasets for visual question answering // Artificial Intelligence Review. 2022. Vol. 55, № 8. P. 6277–6300.

А. Токтонали, А. Р. Сарлыков, М.А.Муратова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. Toktonaly, A. R. Sarlykov, M. A. Muratova
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
aidatoktonalu@kstu.kg, sarlykov2112@gmail.com, muratovaakbermet1@gmail.com

СОЗДАНИЕ РУССКО-КЫРГЫЗСКОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО КОРПУСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОИЗВЕДЕНИЙ Ч. АЙТМАТОВА

Ч. АЙТМАТОВДУН ЧЫГАРМАЛАРЫН КОЛДОНУП, ОРУСЧА-КЫРГЫЗЧА ПАРАЛЛЕЛЬ КОРПУСТУ ТҮЗҮҮ

DEVELOPING A RUSSIAN-KYRGYZ PARALLEL CORPUS USING AITMATOV'S WORKS

Бул макалада Чыңгыз Айтматовдун көркөм чыгармаларынын негизинде түзүлгөн эки тилдүү орусча-кыргызча жуп сүйлөмдөрдүн корпусун түзүү процесси каралат. Корпуска автор өзү жазып которгон тексттер камтылган, бул жогорку деңгээдеги которуу тактыгын камсыздайт. Макалада маалыматтарды жыйноо, алдын ала даярдыктан өткөрүү, жана ошондой эле тексттерди сүйлөмдөргө бөлүп чыгуу үчүн Python программалоо тилининдеги китепканалардын колдонулушу чагылдырылган. Азыркы тапта колдонулуп жаткан алгоритмдерди кирилл жазуусун колдонгон кыргыз алфавитине ыңгайлаштырууга өзгөчө көңүл бурулган. Иштин жыйынтыгында эки тилде жазылган жуп сүйлөмдөрдөн турган, машина котормосунда, корпустук лингвистикада, текстти автоматтык талдоодо колдонулуучу маалымат топтому түзүлдү. Бул маалымат топтомун изилдөө максатында да, окуп-үйрөнүү үчүн да колдонсо болот.

Түйүндүү сөздөр: параллель корпус, кыргызча-орусча котормо, Чыңгыз Айтматовдун чыгармалары, текстти автоматтык иштетүү, Python программалоо тили, корпустук лингвистика, машина котормосу, маалымат топтому.

В статье рассматривается процесс создания двуязычного корпуса с параллельными предложениями на русском и кыргызском языках, основанного на литературных произведениях Ч. Айтматова. Корпус формируется из текстов, которые изначально были написаны и переведены самим автором, что обеспечивает высокую степень точности перевода. Описаны этапы сбора и предварительной обработки данных, а также применение инструментов языка Python для автоматической обработки текстов. Особое внимание уделяется адаптации существующих алгоритмов к кириллическим алфавитам. Результатом работы стал набор данных с параллельными предложениями на двух языках, пригодный для исследований в области машинного перевода, корпусной лингвистики и автоматического анализа текста, которые могут быть использованы как в научных, так и в образовательных целях.

Ключевые слова: параллельный корпус, кыргызско-русский перевод, произведения Чыңгыз Айтматов, автоматическая обработка текста, Python, корпусная лингвистика, машинный перевод, набор данных.

This article examines the process of developing Russian-Kyrgyz parallel corpus using Aitmatovs' works. Corpus contains texts that were originally written and translated by the author himself, which ensures a high degree of translation accuracy. It describes the stages of data collection and preprocessing, as well as the use of Python programming tools for automatic text processing. Special attention is given to the adaptation of the existing algorithms to Cyrillic

alphabets. The result of this work was a dataset with parallel sentences in two languages, which can be used for research purposes in machine translation, corpus linguistics, and automatic text analyzing for both scientific and educational purposes.

Keywords: *parallel corpus, Kyrgyz-Russian translation, Chingiz Aitmatovs' works, automatic text processing, Python, corpus linguistics, machine translation, dataset.*

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, очень важно создавать инструменты, которые помогают людям понимать друг друга, несмотря на языковые различия. Одним из таких инструментов являются параллельные корпуса — это тексты на двух или более языках выровнены по предложениям. Такие корпуса не только помогают в изучении языков и переводе, но и используются для обучения программ автоматического перевода.

Кыргызский язык является литературным и разговорным языком кыргызов, государственный язык республики Кыргызстан. Кыргызский язык - язык древней культуры и многовековой литературной традиции.

Русский язык является одним из восточнославянских языков, национальный язык русского народа, который является одним из наиболее распространённых языков мира, шестым среди всех языков мира по общей численности говорящих и восьмым по числу стран, использующих его как второй государственный язык.

Кыргызский и русский языки широко распространены в Кыргызстане, поэтому важно создать корпус, где два языка представлены рядом. Это поможет сохранить язык, улучшить перевод, а также будет полезно для тех, кто разрабатывает приложения и изучает лингвистику. На данный момент таких ресурсов немного, и многие из них труднодоступны или неполные.

На основе произведений Чынгыза Айтматова — одного из самых известных писателей Кыргызстана был создан параллельный корпус. Его книги богаты по языку и переведены на русский с большим вниманием к смыслу. В статье будут показаны, как собирались тексты, как разбивались на предложения, какие использовались программы для обработки данных и с какими трудностями столкнулись при работе с кириллицей и особенностями кыргызского языка. Работа может быть полезна как для студентов, так и для исследователей, переводчиков, и для тех, кто интересуется языками и технологиями машинного обучения.

На первом этапе работы нужно было собрать тексты произведений Чынгыза Айтматова на двух языках — кыргызском и русском, такие тексты, где оригинал был написан на кыргызском, а перевод сделан самим автором. Это важно, так как авторский перевод максимально точно передает смысл оригинала и не искажает стиль и содержание.

Именно такие произведения были выбраны для параллельного корпуса, чтобы предложения на двух языках максимально совпадали по смыслу. Это особенно важно при сравнении языков и в задачах машинного перевода.

Для сбора данных использовались электронные версии повестей и романов Айтматова, которые находятся в открытом доступе. Внимательно проверялись произведения, чтобы переводы были действительно близки к оригиналу, и отдавалось предпочтение именно авторским версиям. Такой подход позволил сохранить точность и богатство языка в обеих версиях текста.

Было использовано 3 произведения: «Солдатенок», «Белый пароход» и «Ранние журавли» («Атадан калган туяк», «Ак кеме» жана «Эрте келген турналар»). Самая важная часть данной работы — разбить текст на отдельные предложения, для которого были использованы язык Python и библиотеки `re` (регулярные выражения) и `nltk`. Однако, стандартные настройки этих инструментов были ориентированы на английский язык, поэтому кириллические тексты на кыргызском обрабатывались с ошибками.

В программе иногда границы предложений были определены неправильно, в сокращениях были ошибки, знаки препинания распознавались с ошибками, что характерно для кириллицы. Поэтому были внесены ручная корректировка, после которого код стал лучше распознавать предложения на русском и кыргызском языках. Благодаря этому тексты

на обоих языках были обработаны с наименьшим количеством ошибок. Был создан код для чтения с PDF-файла, определения языка и токенизации. Для извлечения текстовых данных из произведений Ч. Айтматова была разработана программа с использованием PyPDF2. Данный инструмент обеспечивает обработку кириллических символов, включая специфические буквы кыргызского алфавита (ө, ү, ң). С использованием сборника рассказов Ч. Айтматова и используя сторонние библиотеки, тексты разделялись на такие части как глава, абзацы, предложения, далее текст в этих объектах обрабатывались отдельно. После этих действий в результирующем тексте также имелись ошибки, поэтому было внесено ручная корректировка текста. Иногда, в ходе выполнения программы возникла ошибка с определением языка, так как буквы на кыргызском и русском языке идентичны. Для разделения текста на предложения использовалась модифицированная версия библиотеки punkt с учетом специфики кириллицы.

Ниже указан код с использованием регулярных выражений:

```
def detect_language(sentence):
    kyrgyz_alphabet = "үөн"
    if any(char in kyrgyz_alphabet for char in
        return "Кыргызский"
    return "Русский"
```

```
PDF_PATH = r"/Users/Greentum/Desktop/webscr/plaxa.pdf"
```

#Создание списка предложений:

```
all_sentences = []
```

#Открытие одного PDF файла используя PdfReader вместо PdfFileReader и изменили на pages, так как в PdfReader это атрибут:

```
with open(PDF_PATH, "rb") as file:
    pdf_reader = PyPDF2.PdfReader(file)
    text = ""
    for page_num in range(len(pdf_reader.pages)):
        text += pdf_reader.pages[page_num].extract_text() + "\n"
```

#Разделение текста на предложения:

```
sentences = re.split(r'(?!\w\.\w.)(?<![А-Я][а-я]\.)(?<=\.|\?|!)\s', text)
```

#Добавление предложений в общий список:

```
for sentence in sentences:
    if sentence.strip():
        language = detect_language(sentence)
        all_sentences.append({"Файл": "soldatenok.pdf", "Язык": language, "Предложение":
            sentence.strip()})
```

#Создание DataFrame:

```
df = pd.DataFrame(all_sentences)
```

#Экспорт в Excel:

```
df.to_excel("soldatenok.xlsx", index=False, engine="openpyxl")
print(f'Данные из файла {PDF_PATH} успешно сохранены в soldatenok.xlsx')
```

После разбиения текста на отдельные предложения, следующим шагом стало их выравнивание, нужно найти пары предложений на кыргызском и русском, которые передают

один и тот же смысл. Так как код несовершенен, чтобы сохранить точность выравнивание было выполнено вручную.

Для удобства использовали программу Excel. В таблице размещены в каждой строке одно предложение на кыргызском языке, а рядом его перевод на русском. Такой формат помогает сразу видеть, какие предложения соответствуют друг другу, и при необходимости можно их легко скорректировать. Кроме того, это упростит дальнейшую работу с корпусом — например, для анализа или загрузки этого набора данных в другие программы.

Таблица 1 - Пример структуры таблицы

№	Кыргызский текст	Русский текст
1	Алгачкы жолу мен аны жазда көрдүм.	Впервые я увидел её весной.
2	Анын күлкүсү башкача эле.	У неё была особенная улыбка.

В результате проделанной работы был создан корпус, включающий более 1000 предложений на двух языках. Полученный ресурс может применяться в самых разных направлениях — от разработки и обучения моделей машинного перевода до проведения лингвистических исследований и создания учебных материалов. Благодаря использованию современных инструментов программирования удалось упростить процесс обработки текстов.

Таблица 2 – Произведения

	Название произведений (русское)	Название произведений (кыргызское)	Количество предложений до корректировки	Количество предложений после корректировки
1	Солдатенек	Атадан калган туяк	218 предложений	133 предложений
2	Белый пароход	Ак кеме	680 предложений	450 предложений
3	Ранние журавли	Эрте келген турналар	526 предложений	423 предложений

Таблица 3 - Разбиение текста произведения “Солдатенек”

Атадан калган туяк	Солдатенек
Первый раз он увидел отца в кино.	Өз атасын ал биринчи жолу кинодон көрдү.
Тогда он был малышом лет пяти.	Анда беш-алты жашар эселек чагы.
Произошло это в той большой белой кошаре, где каждый год проводят стрижку овец.	Бул окуя тээ кыштактын сыртында агарып турган чоң кашарда жүн кыркууда болгон иш. Совхоздун жүн кыркымы жылыга ушул жерде өткөрүлүүчү.
Кошара эта покрыта шифером и поныне стоит за совхозным поселком, под горой, у дороги.	Камыш менен жабылган төбөсү кийин шиферге алмаштырылганы болбосо, чоң кашар азыр да ордунда, адырдан түшө берген этекте, жол боюнда турат.
Сюда он прибежал с матерью.	Мында ал энесин ээрчип ойноп келер эле.
Его мать, Джеенгуль, телефонистка почтового отделения в совхозе, каждое лето с началом стригального сезона устраивалась подсобной работницей на стригальном пункте.	Энеси, Жээнгүл, совхоздогу почта бөлүмүнүн телефонисткасы, ар жылы жай башталары менен кыркынчы болуп иштей турган.

Таблица 4 - Разбиение текста произведения “Белый пароход”

Ак кеме	Белый пароход
Бу баланын эки жомогу боло турган.	У него были две сказки.
Бири - жан билбеген өз жомогу, экинчисин таятасынан уккан.	Одна своя, о которой никто не знал. Другая та, которую рассказывал дед.
Акырында эки жомогунун бири да калбады.	Потом не осталось ни одной.
Кеп оролу ушунда.	Об этом речь.
Ошол жылы бала жетиге толуп, сегизге аяк баскан.	В тот год ему исполнилось семь лет, шел восьмой.
Ободу кара дермантин портфель колго тийди.	Сначала был куплен портфель.
Боорунда калем-салем салар жамак чөнтөктүү, жылтыраган темир килити бар, куллунун тилин Тээкке салса, чырк этип бекип калат.	Черный дерматиновый портфель с блестящим металлическим замочком-защелкой, проскальзывающим под скобу. С накладным кармашком для мелочей.
Кыскасы окуучунун кадимки портфели.	Словом, необыкновенный самый обыкновенный школьный портфель.
Кеп ушул портфелден башталды.	С этого, пожалуй, все и началось.
Китеп капты кыдырма дүкөндөн таятасы сатып берген.	Дед купил его в заезжей автолавке.
Тоодогу матчларды тейлеген автолавка кээде Сан-Таштын токойчуларына кайрылып калар эле.	Автолавка, объезжая с товарами скотоводов в горах, заглядывала иной раз и к ним на лесной кордон, в Сан-Ташскую падь.
Кордон деп коёт токойчулардын турган жерин, ушерден кокту-колотту өрдөп, кыр кырдын тескей боорун таянып, ынык өскөн корук токой бар.	Отсюда, от кордона, по ущельям и склонам поднимался в верховья заповедный горный лес.
Кордондо тургандар болгону үч түтүн журт.	На кордоне всего три семьи.
Ошого карабай кээде соодасы кемчил болгондо «Апталап» - машине-дүкөн токойчуларга кайрылып калат.	Но все же время от времени автолавка наведывалась и к лесникам.
Үч үйдүн ортосундагы жалгыз бала «Апталапты» баарынан мурда көрөт.	Единственный мальчишка на все три двора, он всегда первым замечал автолавку.
- Келатат! - деп ал эшик-терезелердин түбүнөн кыйкырып өтөт.	— Едет! — кричал он, подбегая к дверям и окошкам.
- Машине-дүкөн келатат, Апталап!	— Машина-магазин едет!
Ысык-Көлдүн жакасынан башталган араба жол капчыгай өрдөп, суу бойлоп отуруп, ушерге келет.	Колесная дорога пробивалась сюда с побережья Иссык-Куля, все время ущельем, берегом реки, все время по камням и ухабам.
Өнгүл-дөнгүл сызма жолдо машиненин жүрүшү да оной эмес.	Не очень просто было ездить по такой дороге.
Капчыгайдын таманынан кароол дөбөнүн белине чыккычакты жантай боордо өлүп-талат, анан токойчулардын короо-жайына жеткиче энкейиш апай бетте декилдеп жүрүп олтурат.	Дойдя до Караульной горы, она поднималась со дна теснины на откос и оттуда долго спускалась по крутому и голому склону ко дворам лесников.
Кароол дөбө жакын, жайкысын бала кудайдын куттуу күнү жүгүрүп чыгып көзгө дүрбү салат.	Караульная гора совсем рядом – летом почти каждый день мальчик бегал туда смотреть в бинокль на озеро.

Таблица 5 - Разбиение текста произведения “Ранние журавли”

Эрте келген турналар	Ранние журавли
Ирик түймө жүн жоолугун ороно салынса да болбой үшүгөн Инкамал-апай өзүнөн бетер көк тумшук болуп отурган балдарга география сабагында Цейлон аралы жөнүндө узун сабак-кызык жомок айтып жатат	Озябая, закутанная в грубовязаную шерстяную шаль, учительница Инкамал-апай рассказывала на уроке географии о Цейлоне, о том сказочном острове, что находится в океане близ берегов Индии.
Дубалдагы картадан карасаң, Цейлон деген үй желининен тамган тамчы сүттөй болуп, Индостандан чон океанга үзүлүп тушуп турат.	На школьной карте этот Цейлон выглядел каплей под выменем большой земли.
Инкамал-апайдын сөзүн уксаң бир укмуш: маймылы бакта ойногон, пилдери токой жойлогон; банан деген мөмөсү шактан ийилип, оозго түшүп турат дейт, дүр-дүнүйө жайнаган, жерден кылтайган өсүмдүтү мөмө-чөмө байлаган жер дейт.	А послушаешь – чего там только нет: и обезьяны, и слоны, и бананы (фрукты какие-то), и чай самый лучший в мире, и всякие другие диковинные плоды, и невиданные растения.
Дагынкысы дагы бар: жыл маалы кыш түшпөй, жалаң гана жай болуп турат экен, өтүтүм жок эле, тумагым жок эле, жылаңач элем деп санаа тартпайт экенсиң.	Но самое завидное – жара там такая, что живи себе и круглый год в ус не дуй: ни тебе сапог, ни шапки, ни портняк, ни шубы не нужно совсем.
Андай болсо да отун-суу деген кыжаалаттыгын да жок.	А дрова и вовсе ни к чему.
Талаадан куурай оруп, чоң көтөрүм отунду арчынанып үйгө жеткиче өлүп-талбайт экенсиң.	А раз так, не надо ходить в поле за кураем, не надо таскать на себе, согнувшись в три погибели, тяжеленные вязанки хвороста домой.
Ана, жашоо деп ошону айт!	Вот где жизнь!
Эриксең күнөстө, зериксең көлөкөлө.	Ходи себе как ходится, грейся на солнце, а нет – прохлаждайся в тени.
Жай артынан жай келип, күнү менен түнү бирдей жыргал.	Днем и ночью на Цейлоне теплынь, благодать, лето за летом идет.
Ысыласаң керээли кечке сууга кирин.	Купайся себе сколько влезет, хоть с утра и до вечера.
Суудан жадасан төө куш кубалап ойно. Цейлондо төө куштар болуш керек, аерде болбогондо каерде болмок Тартаңдаган бечаралар, төө сынары макоо жан окшобойбу.	Надоест – ну тогда птицеверблюдов гоняй, птицеверблюды-то там водятся, непременно должны водиться, где же им еще быть, этим огромным и глупым птицам.
Бирок Цейлондо тил билген эстүү куштар да бар. Алиги тотукушчу.	Умные птицы на Цейлоне – пожалуйста, тоже есть: попугай.
Кармап алып, ырганды, күлгөндү, ал аз келсе бийлегенди да үйрөтүп, мына ошондо кызыкка батасың.	Захочешь – поймаешь попугая, научишь его петь и смеяться, а заодно и танцевать.
Тотукуш ошондой куш, ар өнөр келет колунан.	А что – попугай такая птица, все может.
Айтып жүрүшпөйбү, окумал тотукуштар да бар имиш.	Говорят, есть попугаи, которые читать умеют.
Айылдан ким-бирөө Жамбылдын базарынан тотукуш көрүптүр.	Кто-то из айльных сам видел на джамбулском базаре читающего попугая.
Тумшугуна гезит кармасаң тим эле шатыратып окуйт дейт...	Газету поднесешь попугаю, он и шпарит без запинки...
Эмнесин айтасың, ажайып-укмуштун баары Цейлондо.	Да, чего только нет на Цейлоне, каких только чудес.

В заключение, создание параллельного корпуса на основе художественных произведений — это важная, но и довольно сложная работа. Такой корпус требует большого внимания и усилий. Особенно это сложно, когда в тексте есть редкие или профессиональные слова, а также литературные образы и выражения, которые не всегда можно перевести дословно.

Работа с художественными текстами, такими как произведения Чингиза Айтматова, требуют особого подхода. Его книги богаты красивыми описаниями, глубокими мыслями традиционными образами. Поэтому при создании параллельного корпуса важно не только правильно сопоставить предложения на двух языках, но и постараться передать ту же атмосферу и смысл, что были в оригинале. Это помогает сделать перевод живым и близким к тому, как его чувствовал автор.

Параллельные корпуса — это не просто набор предложений на двух языках, а важный инструмент, с помощью которого можно обучать современные модели машинного перевода и модели ИИ. Чем качественнее и богаче такой корпус, тем лучше программа «учиться» и переводить тексты точнее. Особенно такой набор данных полезно для моделей, которые сейчас активно используются в технологиях перевода.

Такой корпус можно использовать в разных целях:

- для создания программ машинного перевода;
- для изучения языка и сравнения структуры предложений;
- для обучения студентов, которые учатся переводить;
- для разработки словарей и правил языка кыргызского.

В конце хочется отметить, что параллельные корпуса играют большую роль в современных технологиях машинного перевода. Они помогают делать переводы более понятными и точными. Особенно здорово, когда в таких корпусах используются художественные тексты, потому что через них передаётся не только смысл, но и чувства, стиль автора, а также культурные особенности. Это делает перевод более живым и близким к оригиналу.

Список литературы

1. Аргынбаева, Ж. Х. Особенности кыргызско-русского перевода [Текст] / Ж. Х. Аргынбаева. – Бишкек: КНУ, 2020. – 152 с.
2. Крылов, С. А. Теория и практика параллельных корпусов [Текст] / С. А. Крылов. – М.: ЛКИ, 2017. – 240 с.
3. Resnik, P. Parallel corpora for computation // MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences. – 1999. – P. 615–617.
4. Айтматов, Ч. ImWerden [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://imwerden.de/publ-12007>
5. Айтматов, Ч. Собрание сочинений. Том 1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/488513305/Chyngyz-Aitmatov-3-tom-1-pdf>
6. Айтматов, Ч. Собрание сочинений: в 5 т. Т. 1 [Текст] / Ч. Айтматов. – М.: Молодая гвардия, 1982. – 512 с.
7. Айтматов, Ч. Чыгармаларынын жыйнагы: Т. 3. Аңгемелер, повесттер, драма [Текст] / Ч. Айтматов. – Бишкек: Бийиктик, 2008. – 480 б.
8. Айтматов, Ч. Наследники [Текст] / Ч. Айтматов. – М.: АСТ, 2023. – 320 с.
9. Айтматов, Ч. Атадан калган туяк [Текст] / Ч. Айтматов // Чыгармаларынын жыйнагы: Т. 3. – Бишкек: Бийиктик, 2008. – С. 112–145.
10. Айтматов, Ч. Ак кеме [Текст] / Ч. Айтматов // Чыгармаларынын жыйнагы: Т. 3. – Бишкек: Бийиктик, 2008. – С. 146–215.

11. Айтматов, Ч. Эрте келген турналар [Текст] / Ч. Айтматов // Чыгармаларынын жыйнагы: Т. 3. – Бишкек: Бийиктик, 2008. – С. 216–300.
12. Айтматов, Ч. Ранние журавли [Текст] / Ч. Айтматов. – М.: Молодая гвардия, 1982. – 192 с.
13. Айтматов, Ч. Ранние журавли [Текст] / Ч. Айтматов. – М.: АСТ, 2023. – 208 с.
14. Параллельные корпуса: Набоков // Высшая школа экономики [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.hse.ru/ma/ling/parallel_nabokov
15. Линейная регрессия в Google Colab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://colab.research.google.com/github/vn322/Cod_future/blob/main/Линейная_регрессия.ipynb
16. Разработка параллельного корпуса таджикского и русского языков [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-parallelnogo-korpusa-tadzhikskogo-i-russkogo-yazykov/viewe>

УДК 2-79:2-76(575.2)

DOI:10.56634/16948335.2025.3.774-782

К.Т. Алимова

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

K.T. Alimova

KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
alimova.klara.t@gmail.com

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ САЕНТОЛОГИЯ ЧИРКӨӨСҮНҮН ИШМЕРДҮҮЛҮГҮ: ТАРЫХЫЙ ТАЛДОО

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕРКВИ САЕНТОЛОГИИ В КЫРГЫЗСТАНЕ: ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

THE CHURCH OF SCIENTOLOGY'S ACTIVITIES IN KYRGYZSTAN: A HISTORICAL ANALYSIS

Макалада Кыргызстанда “салттуу эмес диний уюм” катары белгилүү болгон саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү ар тараптан иликтенип, анын Кыргызстандагы коомдук жана маданий чөйрөгө тийгизген таасири тарыхый талдоого алынды. Саентология чиркөөсүнүн ишмердигин илимий изилдөө жокко эсе. “Жаңы кылым” диндеринин бири болуп эсептелген бул уюм Кыргызстанда 2001-жылдын 31-январында расмий катталып, Бишкек шаарында “Манас Дианетика” деген аталышта ишмердүүлүгүн жүргүзүп келген, Кыргыз Республикасынын Дин иштери боюнча мамлекеттик комиссиянын маалыматына караганда, алар тиешелүү лицензиясыз диний жыйындарды, ырым-жырымдарды жана психотерапиянын элементтерин колдонуу менен мистикалык сеанстарды өткөрүшкөн. Ошол себептен 2012-жылы алар каттоо күбөлүгүнөн ажыратылган. Чиркөө сотко кайрылып, каттоо күбөлүгүн калыбына келтирүүнү талап кылган, бирок соттук териштирүүгө жетпей өзүн-өзү жокко чыгарган, ошондуктан бул уюм тыюу салынган конфессиялардын катарына кирет. Ал эми иликтөөнүн алкагында чиркөө расмий иш жүргүзбөсө да анын жактоочулары Кыргызстанда бар экендиги тууралуу маалыматтар айтылат. Саентология чиркөөсү илимге негизделген дин катары мүнөздөлгөнү менен, анын ишмердүүлүгү көптөгөн өлкөлөрдө тоталитардык секта катары бааланат. Макалада бул уюмдун Кыргызстандагы ишмердүүлүгүнүн тарыхый контексти, анын улуттук жана маданий мураска тийгизген таасири, ошондой эле коомдук коопсуздукка байланыштуу маселелер каралат. Изилдөөдө тарыхый жана социологиялык ыкмалар колдонулган.

Түйүндүү сөздөр: саентология, дианетика, чиркөө, секта, энграмм, тетан, адептер.

В статье всесторонне исследуется деятельность Церкви Саентологии, известной в Кыргызстане как «нетрадиционная религиозная организация». Анализируется влияние этой церкви на общественную и культурную сферу Кыргызстана в историческом контексте. Научных исследований деятельности Церкви Саентологии практически не проводилось. Являясь одной из «религий нового века», эта организация была официально зарегистрирована в Кыргызстане 31 января 2001 года и действовала в Бишкеке под названием «Манас Дианетика». По данным Государственной комиссии по делам религий

Кыргызской Республики, они проводили религиозные собрания, оккультные ритуалы и мистические сеансы с элементами психотерапии без соответствующей лицензии. В 2012 году организация была лишена свидетельства о регистрации. Церковь пыталась восстановить регистрацию через суд, но до судебного разбирательства не дошло, и организация самоликвидировалась, поэтому относится к числу запрещённых конфессий. В рамках исследования отмечается, что, несмотря на отсутствие официальной деятельности, сторонники церкви в Кыргызстане есть. Хотя Саентология позиционируется как наука, во многих странах её деятельность оценивается как тоталитарная секта. В статье рассматривается исторический контекст деятельности организации в Кыргызстане, её влияние на национальное и культурное наследие, а также вопросы общественной безопасности. В исследовании использованы исторические и социологические методы.

Ключевые слова: саентология, дианетика, церковь, секта, энграмма, тетан, аденты.

The article provides a comprehensive study of the activities of the Church of Scientology, known in Kyrgyzstan as a “non-traditional religious organization.” The impact of this church on the public and cultural spheres of Kyrgyzstan is analyzed in a historical context. There is a lack of scientific research on the activities of the Church of Scientology. As one of the “new age religions,” this organization was officially registered in Kyrgyzstan on January 31, 2001, and operated in Bishkek under the name “Manas Dianetics.” According to the State Commission for Religious Affairs of the Kyrgyz Republic, they held religious meetings, occult rituals, and mystical sessions with elements of psychotherapy without the appropriate license. As a result, in 2012, they were deprived of their registration certificate. The church appealed to the court to restore its registration, but the case did not reach trial and the organization self-liquidated, thus being classified as a banned confession. The study notes that, despite the lack of official activity, there are supporters of the church in Kyrgyzstan. Although Scientology is characterized as a science-based religion, its activities are regarded as a totalitarian sect in many countries. The article examines the historical context of the organization’s activities in Kyrgyzstan, its impact on national and cultural heritage, as well as issues related to public safety. Historical and sociological methods were used in the research.

Key words: scientolog, dianetics, church, sect, engram, thetan, adepts.

Изилдөөнүн актуалдуулугу саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгүнүн улуттук маданиятка жана коомдук коопсуздукка тийгизген таасири менен шартталган. Саентология чиркөөсү, «Жаңы кылымдын» диндеринин бири катары, Кыргызстанда 2001-жылдын 31-январында катталып, Бишкек шаарында «Манас Дианетика» аталышы менен ишмердүүлүгүн жүргүзүүдө. Бул уюмдун борбору АКШнын Калифорния штатынын Лос-Анжелес шаарында жайгашкан [2].

Саентологиянын глобалдык масштабы. Саентология — бул 1954-жылы Л. Рон Хаббард тарабынан негизделген диний кыймыл. Ал көптөгөн сын-пикирлер жана манипуляцияларга байланыштуу көпкө чейин коомчулуктун көңүлүн өзүнө буруп келген. Ага карабастан, саентология дүйнө жүзү боюнча жактоочуларды тартууну улантууда.

Саентология чиркөөсүнүн ишине дүйнөнүн көптөгөн өлкөлөрүндө тоталитардык секта катары мыйзам негизинде тыюу салынган. Буга карабастан, ал 107 мамлекетте катталган жана 2138 жамаатта 13 миң кызматкер иштеп жатат [2].

Негиздөөчүсү жана окуунун философиясы. Саентология өзүнүн тарыхын 1950-жылы чыккан *"Дианетика: жан дүйнөнүн ден-соолугу жөнүндөгү илим"* деген китептеги философиялык билимдердин топтомунан баштайт. Саентология чиркөөсүн фантаст-жазуучу Лафайет Рон Хаббард негиздеген [10]. Ал өз өмүрүндө, айрыкча XX кылымдын «Улуу депрессия» жылдарында 1080дей китеп жазган. Анын эң белгилүү эмгеги жогоруда айтылган, 1950-жылы жарык көргөн *"Дианетика: жан дүйнөнүн ден-соолугу жөнүндөгү*

илим" аттуу китеп [10]. Бул китеп адамдын аң-сезимине терс таасирин тийгизип, саентология чиркөөсүнө тартуунун негизги куралы катары колдонулат.

Анын ичинде Хаббард "дианетика" концепциясын сунуштаган, анда ар бир адамда "тэтан" деген түпкү жан бар, ал өлбөс жана көптөгөн өмүрлөрдү баштан кечирет. Дианетика практикаларынын максаты тэтанды "инграммалардан" — терс эскерүүлөрдөн жана сезимдерден бошотуу.

Ушул үйрөнүүчүлүктүн негизинде Хаббард саентология деп аталган система түзгөн. Дианетикадан айырмаланып, саентология адамдын руханий жана этикалык өнүгүүсүнө жана анын жогорку деңгээлине жетишүүсүнө көңүл бурат.

Финансылык механизми. Хаббарддын окутуусунда адам жашоосундагы кыйынчылыктардын себептерин аныктап, алардан арылуу үчүн бир нече баскычтарды өтүү зарыл деп айтылат. Ар бир баскыч үчүн белгилүү өлчөмдө акча төлөнөт. Эң жогорку төртүнчү баскычка жетүү үчүн 23 миң долларга чейин төлөм талап кылынат [1]. Адептерди атайын белгилүү деңгээлде кармап туруу аркылуу алардын финансылык ресурстарын көбүрөөк пайдалануу уюмдун байлыгын арттырат.

Коомго тийгизген терс таасирлери. Саентологияны айрым өлкөлөрдө дин катары тааныган менен, ал көптөгөн сындарга кабылып келет. Негизги сын-пикирлер анын сынчы жана мурунку мүчөлөрүнө карата күч колдонуу, акча манипуляциясы жана жеке жашоону катуу көзөмөлдөө менен байланыштуу. Көптөгөн мурунку мүчөлөр сыноо жана акча күчүнүн басымы жөнүндө кабар беришкен жана "тазалоо" жана изоляциялоо деген катуу практикалар тууралуу айткан.

Саентологияга каршы бир нече соттук иштер бар, аларда аны эксплуатация, адам укуктарын бузуу жана каралоо боюнча айыпташкан. Айрым өлкөлөрдө, мисалы, Франция жана Германияда, саентология дин катары таанылбайт жана коркунучтуу культ катары каралат.

Саентология чиркөөсүнүн жалган окуулары кыргыз элинин руханий жана маданий баалуулуктарына залал келтирип, улуттук аң-сезимдин бузулушуна алып келүүдө. Бул уюмдун жана анын сыяктуу тоталитардык секталардын ишмердүүлүгү коомдук коопсуздук үчүн олуттуу коркунуч жаратат.

Саентология чиркөөсү, илимге негизделген дин катары мүнөздөлүп, "Жаңы кылым" диндеринин бири болуп эсептелет. Кыргызстанда бул уюм 2001-жылдын 31-январында расмий катталып, Бишкек шаарында "Манас Дианетика" деген аталышта ишмердүүлүгүн жүргүзгөн [13]. Саентология чиркөөсүнүн башкы борбору АКШнын Калифорния штатынын Лос-Анжелес шаарында жайгашкан. Уюм Россия Федерациясындагы кыркка жакын шаарда, ошондой эле КМШнын 10дон ашуун аймагында катталган [3].

Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгүнө көптөгөн өлкөлөрдө "тоталитардык секта" катары мыйзамдык чектөөлөр киргизилген. Ошого карабастан, уюм дүйнөнүн 107 өлкөсүндө катталып, 2138 жамаатта 13 миңден ашуун кызматкер иштеп жатат [2].

Негиздөөчүсү жана негизги идеялары. Саентология чиркөөсүн фантастикалык чыгармалардын автору Лафайет Рон Хаббард негиздеген. Ал өз өмүрүндө 1080ден ашуун китеп жазып, алардын катарында адамдын жашоосу жана жүрүм-туруму тууралуу суроолорду козгогон эмгектери бар: *"Балдар менен кантип жашоо керек"*, *"Илимди кантип изилдөө керек"*, *"Билим таануу деген эмне"*, *"Бакытка жетишүү мүмкүнбү?"*. Хаббарддын эң белгилүү эмгеги — 1950-жылы жарык көргөн *"Дианетика: жан дүйнөнүн ден-соолугу жөнүндөгү илим"* [9]. Бул китепте адамдын аң-сезимине терс таасирин тийгизген методология баяндалган, аны изилдөөчүлөр "инсандык сапаттардын ыдырашына" алып келет деп эсептешет. Хаббард өзү бул китеп аркылуу финансылык ийгиликке жетпегендиктен, "байлыкка жетүү үчүн өзүнчө дин ойлоп табуу керек" деген көз карашын иш жүзүнө ашырып, Саентология чиркөөсүн негиздеген.

Финансылык структурасы жана ыкмалары. Саентологиянын диний көз караштары коммерциялык империя түзүүгө жана китептерди, курстарды жана сессияларды сатууга карата өзүнүн диний шектенүүлөрүн колдонгон деп айтышат. Хаббарддын окуусу боюнча,

адам жашоосундагы көйгөйлөрдүн түпкү себептерин аныктап, аларды жоюу үчүн бир нече баскычтан өтүү зарыл. Ар бир баскыч үчүн белгилүү өлчөмдө төлөм алынат. Эң жогорку төртүнчү деңгээлге жетүү үчүн 23 миң долларга чейин каражат талап кылынат [8]. Уюм кээде мүчөлөрүн белгилүү баскычтарда атайын кармап, аларды узак убакытка чейин финансы чыгымдоого түртөт.

Рухий философиясы Саентологиянын негизги философиясы буддизмдин реинкарнация түшүнүгүнө жакын келет. Уюмдун окуусунда "тетан" деп аталган көчмө рух адамдардын жашоосундагы ар кандай процесстердин жана материалдык өнүгүүнүн башкы булагы катары каралат. [11] Бул түшүнүк илимий эмес, апыртылган идея катары кабыл алынат.

Социалдык жана маданий коркунучтар. Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү илимге негизделгендей көрүнсө да, анын максаттары жана ыкмалары Кыргызстан сыяктуу коомдордо социалдык жана маданий чөйрөгө терс таасирин тийгизет. Өзгөчө экономикалык жана социалдык кыйынчылыктарга туш болгон адамдар бул уюмга тартылып, анын мүчөсү болуп калышы мүмкүн [4].

"Инграммдар" жана психологиялык манипуляция. Саентология иерархиялык диний структура катары уюштурулган. Бул структурада ар кандай деңгээлдер бар, алар "ОТ" (оңдоочу теология) деп аталат жана алар адамдын руханий өнүгүүсүн жана өзүнүн жан дүйнөсүн башкаруу жөндөмдүүлүгүн көрсөтөт. Жогорку деңгээлдер — "ОТ VII" жана "ОТ VIII", алардын айтымында, ар бир адам өлбөстүккө жана материалдык дүйнөдөн бошонууга жетиши мүмкүн. Ар бир жактоочу саентологиянын "курстары" жана "сессиялары" аркылуу өтүп, алар саентологиянын негиздери менен таанышат жана "одитинг" деген практиканы өткөрүшөт, бул терс таасирлерди жана программаларды алып салууга багытталган. Бул иш-аракеттер *E-meter* деген атайын жабдуу аркылуу жүргүзүлөт, ал организмдин стресске реакциясын өлчөйт деп эсептелет. Саентология чиркөөсү адамдарды психологиялык жана социалдык манипуляциялар аркылуу өзүнө тартат. Уюмга кайрылгандарга "жогорку аң-сезим, күчтүү рух, жакшы жашоо жана акыл-эс деңгээлинин өсүшү" убада кылынат [7]. Кыргызстандын тургундары, айрыкча жаштар, өздөрүнүн социалдык жана экономикалык кыйынчылыктарына туруштук бере албай, Саентология чиркөөсүнө мүчө болуп жатышат. Саентология чиркөөсү өзүнүн ишмердүүлүгүн "диний-илимий" окуу катары көрсөтөт. Бул окууда "энграмм" деген түшүнүк негизги орунда турат. Саентологиянын негиздөөчүсү Лафайет Рон Хаббард "энграммдарды" адамдын психикалык жана физикалык абалына терс таасир эткен материалдык касиеттердин өзгөчө формасы катары түшүндүргөн. Бул түшүнүктөр "илимге негизделген" деп, көрсөтүлсө да, анын практикалык колдонулушу адамдын аң-сезимине терең зомбулук кылуунун бир түрү катары сынга алынган. Хаббарддын окуусу боюнча, "энграммдар" — бул адамдын кайгысы, коркуусу, капачылыгы жана башка терс эмоциялары материалдык формада сакталган абал. Алар муундан муунга өтүү касиетине ээ жана "Е-ченегич" аттуу аспаптын жардамы менен аныкталып, жоюлат деп көрсөтүлгөн. Бул аспапты колдонуу менен адамдарга "терапия" жүргүзүлүп, алар чиркөөгө толук баш ийген абалга жеткирилген [6]. Процедуранын жүрүшүндө адепттерден бардык жашыруун маалыматтар чогултулуп, алар кийинчерээк компромат жана шантаж куралы катары колдонулган. Бул психологиялык манипуляциялар адепттерди толугу менен көзөмөлдөөгө шарт түзгөн [5].

Саентологиянын структурасы жана баскычтары. Саентология чиркөөсүнө жаңы мүчө болуп киргендер "Операция Тетан" деп аталган төрт баскычтан өтүүгө милдеттүү. Алар:

- Операция Тетан-1
- Операция Тетан-2
- Операция Тетан-3
- Операция Тетан-4

Бул баскычтардын эң жогорку деңгээлине жетүү өтө кыйын жана материалдык жактан чыгымдуу. Саентологиянын символу болгон сегиз учтуу жылдыз уюмдун философиясындагы негизги сегиз түшүнүктү билдирет:

1. Аман калуу
2. Жыныстык энергия
3. Топтун кызыкчылыгы
4. Адамзат
5. Жаратылыш
6. Материя
7. Рухий өнүгүү
8. Жогорку деңгээлдеги аң-сезим [12].

Чиркөөгө кирүү жана чыгуудагы кыйынчылыктар. Саентология чиркөөсүнө кирүү оңой болгону менен андан чыгуу өтө татаал. Чыгууга аракет кылгандар жазалоого дуушар болуп, мүлкүнөн жана акчалай каражатынан ажыроо менен аяктаган. Кээ бир учурларда адептер майып болуп калуу же өлүмгө дуушар коркунучу менен бетме-бет келген. Бул кырдаал аларды чиркөөгө кайра кайтууга аргасыз кылган [8].

Дүйнөлүк таасир жана соттук иш-чаралар. Саентология АКШда расмий түрдө дин катары таанылган болсо да, башка өлкөлөрдө абал бирдей эмес. Мисалы, Улуу Британияда коммерциялык уюм катары каралат, ал эми башка өлкөлөрдө — культ катары каралып, бул анын мүчөлөрүнүн жашоосун кыйындатат. Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү Франция, АКШ, Улуу Британия, Австралия жана башка мамлекеттерде соттук териштирүүлөргө кабылып, Хаббард жана чиркөөнүн жетекчилери чоң суммадагы айыптарды төлөөгө мажбур болушкан. Салыктык куугунтуктоолордон улам, Хаббард чиркөөнүн башкы кеңсесин Голландиянын Копенгаген шаарына көчүрүүгө аргасыз болгон [1].

Экономикалык таасир жана социалдык чыгымдар. Саентология чиркөөсү Россия Федерациясындагы жана башка өлкөлөрдөгү ири ишканаларга "жумушчулардын баш ийүүчүлүгүн камсыз кылуу" боюнча кеңештерди сунуштап, ири материалдык зыян келтирген. Натыйжада, бул уюмдун ишмердүүлүгүнөн жабыркаган ишканалар катарында "Аско-Холдинг", Горький автозаводу (ГАЗ), Урал оптика-механика заводу сыяктуу белгилүү мекемелер бар [3].

Саентология чиркөөсүнүн өнүгүүсү. Лафайет Рон Хаббард 1980-жылы дайынсыз болуп калгандан кийин, Саентология чиркөөсүнүн башкаруусу анын жакын жардамчысы Дэвид Мицкэвичке өткөн. Мицкэвичтин жетекчилигинде чиркөө финансылык пирамидага айланып, дүйнөлүк масштабдагы экономикалык жана идеологиялык таасирин күчөткөн. Кыргызстандагы Саентологиянын жайылышын карасак, Кыргызстанда Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү 2000-жылдары активдүү башталган. Айрыкча, Бишкектин эл көп чогулган көчөлөрүндө жаштар, анын ичинде улан-кыздар, чиркөөнүн чакыруу баракчаларын таратып, анын идеяларын жайылтууга чоң салым кошушкан. Бирок 2008-жылы динге ишенүү эркиндиги жөнүндө мыйзамга киргизилген өзгөртүүлөрдөн кийин бул көрүнүш бир аз басаңдаган. Ошого карабастан, Саентология чиркөөсү жаңы мүчөлөрдү тартуунун башка ыкмаларын колдонууда. Мисалы, "Дианетика" аттуу борборлордо адамдарга төмөнкүдөй убадалар берилет:

- Күчтүү рух жана психологиялык туруктуулук,
- Кайгы-капага азыраак туш болуу,
- Жашоо кубатын жана энергиясын арттыруу,
- Интеллектти жана аң-сезимди өнүктүрүү. [2]

Экономикалык жана социалдык кыйынчылыктар күчөгөн мезгилдерде мындай убадалар калктын айрым катмарлары үчүн кызыктыруучу фактор болуп калган. Айрым кыргыз жарандары Саентология чиркөөсүнүн катарына кирип, анын ишмердүүлүгүнө чын ниети менен кызмат кылган учурлар да белгилүү.

Саентология психиатриянын кыянаттык иштерине эмне үчүн каршы болот? Деген суроону койсок, алардын айтымында Саентология психиатрияга каршы эмес, ал акыл-эси жабыркаган адамдарды дарылоонун ордуна аларга карата зомбулук көрсөтүүгө каршы чыккан. Чиркөө психиатриянын психикасы жабыркаган адамдарга карата зомбулукту

туруктуу колдонушуна каршы. Ошондуктан, Чиркөө адам укуктарын коргоо боюнча “Адам укуктары боюнча жарандык комиссияны” колдойт, анткени ал «жан дүйнөнүн ден соолугу» деген атка жамынган адамзатка каршы зомбулуктарды ачыктап, аны жоюуга аракет кылган. Көп жылдар бою Жарандык комиссия психиатрлардын салкын мамилелеринен жана зомбулуктарынан жапа чеккен миңдеген жагдайларды ачыктаган. Саентологдор психикалык жактан жабыркаган адамды дарылоодо колдонулган дарылоону дарылоо эмес, күч колдонуу деп эсептешет. Психиатриянын узак жана аянычтуу тарыхында айрым «дарылар» пайда болгондон эле, адамдын ден-соолугуна абдан зыяндуу болуп чыккан. XVIII жана XIX кылымдарда психикалык оорулары бар бейтаптарга өзүнчө азап тарттыруучу жабдуулар колдонулган. Кийинчерээк муз ваннасы жана инсулин шогу ойлоп табылган. Андан кийин электржалтыраткыч терапия пайда болгон, ал бейтаптын тиштерин сындырып, сөөктөрүн деформациялап, эс тутумун жоготуп, комага түшүргөн. Психиатриянын тажрыйбасы жаштарга ярлык коюуну жайылткан: көптөгөн өспүрүмдөргө акыл-эси бузулган деген диагноз коюлуп, бул чоң киреше алып келген бизнеске айланган. Ошол убакта психиатрлар миллиарддаган каражаттарды таап жатса, жаңы муун наркотиктерге байланып, жаңы дары-дармектерди сатып алууга даяр болушууда. Бүгүнкү күндө антидепрессанттардын базары коркунучтуу көлөмгө жетип, иш-чаранын натыйжалары психиатриянын бул препараттардан келген зомбулуктардын дагы көбөйтүп жаткандыгын көрсөтөт. Мындан тышкары, бул дары-дармектердин дарылоого арналган ооруларды айыктырууга тиешелүү эч кандай далилдер жокко эсе. Демек, бул система — илимий алдамчылык, ал жеке адамдарга жана бүтүндөй коомго өлүм алып келет. Бул Саентологиянын «ишеними» же «көз карашы» эмес, факт болуп саналат деп, саентологдор психиатрлардын иш-аракеттериндеги зомбулуктарга каршы чыгышат [10].

Саентология дүйнөнү басып алууну каалайбы?-деген суроого жооп издесек. Л. Рон Хаббард Саентологиянын максатын мындайча сүрөттөгөн: «Азгырык, кылмыш жана согуш болбогон, жөндөмдүү адамдардын гүлдөп өсүшүнө мүмкүнчүлүк берилген, адил адамдардын укуктары бар болгон цивилизация, адам чоң деңгээлге көтөрүлүүгө эркиндик алган жер». Ошондой эле ал: «Биз революцияга умтулбайбыз. Биз адамдын жана коомдун жогорку болуу абалына алып бараткан эволюцияны каалайбыз»-деп жазган [10]. Саентология коомдун кемчиликтерин айыктырууну жана жоюуну каалайт, саентологдор бул иш-аракеттердин дүйнөнү жакшыраак кылууга мүмкүнчүлүк берерин ишенишет. Саентологиянын миссиясы дүйнөнү басып алуу эмес, адамды бошотуу болуп саналат деген иш-аракеттерин иликтөөгө алганда, илимге жамынган диний иш чараларды ачык көрүүгө болот. Саентология дүйнөдөгү кырдаалды жакшыртуу үчүн, күн сайын ушул иш-аракеттер жасалууда деп, эсептешет. Жөндөмдүү адамдарды дагы да жөндөмдүү кылып, аларга өзүнүн руханий күчтөрүнө жана жөндөмдөрүнө ишенүүгө жардам берүү менен, диний жана социалдык реформалар аркылуу көптөгөн адамдарга жардам берүү, баңгиликке, кылмышка жана сабатсыздыкка каршы күрөшүү, ошол эле учурда этика жана адам укуктарын колдоо аркылуу Саентология чиркөөсү дүйнөнү жакшыраак кылууга жардам берет деп, ынандырып келишет. Эмне үчүн саентологдор адам укуктары жөнүндө көп айтышат? Бул жаатта чындыгында Чиркөө бир топ алгылыктуу иштерди жасаган. 1948-жылы Бириккен Улуттар Уюму тарабынан кабыл алынган Адам Укуктарынын Жалпы Декларациясында белгиленген адам укуктары ар бир адамдын ажырагыс бөлүгү экени баарыбызга маалым. Бул ишенимдерге ылайык, адам укуктарын коргоо боюнча Саентология Чиркөөсү дүйнөдөгү эң ири насаат кампаниясын уюштуруп, 82 өлкөдө адамдарга, уюмдарга жана өкмөттүк органдарга маалыматтарды жеткирүү иштерин жүргүзүп келишет. «Адам укуктары деген эмне?» деген брошюралар жаштарды жана чондорду Адам Укуктарынын Жалпы Декларациясынын 30 беренеси боюнча ар бир адам үчүн түшүнүктүү жазылган 30 түшүндүрмө беришет. Андан тышкары 2006-жылы Чиркөө 30 роликтен турган социалдык жарнама топтомун ишке киргизип, 30 беренени түшүндүрүп көрсөткөн [8]. Окуучуларга, укук коргоочуларга жана өкмөттөргө берилген окуу куралдары, иш-аракеттерди активдештирүү боюнча нускамалар жана окутуу комплекстери адам укуктары боюнча түшүндүрүү иштерин жүргүзүүдө натыйжалуу

каражаттар болуп саналган. «Адам укуктарынын тарыхы» деген документалдык тасма ушул роликтерди, брошюраларды жана окулуучу материалдарды толуктап, укуктарды түшүнүүгө жана сыйлоого үйрөтүүчү жана манипуляция кылуучу дагы бир каражат болуп саналат.

Саентологиянын адам укуктары боюнча компаниясы алты континентте дээрлик бир миллиард адамга таасир эткен. Ошондуктан Саентология Чиркөөсү адам укуктары жөнүндө маалымат берүүдө Бириккен Улуттар Уюмунун өзүнөн да көбүрөөк иштерди аткарды деп айтууга болот. Адам укуктары боюнча жарандык комиссия деген эмне? Жарандык комиссиясы адам укуктары боюнча (ГКПЧ) 1969-жылы Саентология Чиркөөсү жана психиатриянын жазуучусу Томас Сасс тарабынан түзүлгөн. Комиссия психиатрия тарабынан жасалган адам укуктарын бузуу учурларын иликтөө менен аны ачыкка чыгарып, психикалык ден соолукту зомбулуктардан тазалоо боюнча иш алып барган. Комиссия бир кеңседен 34 өлкөдөгү 250 филиалдан турган чоң эл аралык адам укуктарын коргоо тармагы болуп кеңейген [12]. Органдын административдик борбору Лос-Анжелесте (Калифорния штаты) жайгашкан, ал жерде психиатриянын зомбулуктарын, анын ичинде Бедламдагы коркунучтуу көрүнүштөрдү жана Дахау концентрация лагерлериндеги эксперименттерди көрсөтө турган «Психиатрия: Өлүм Индустриясы» аттуу музей бар.

Нарконон деген эмне? Баңги затка болгон көз карандылыкты жоюуда колдонулуучу нарконон – Л. Рон Хаббардын ачылыштарына негизделген жана дары-дармектерди алмаштырбастан наркотиктерден баш тартуу, андан кийин детоксикация жана реабилитацияны камтыган жогорку натыйжалуу наркотиктерден баш тартуу программасы. Нарконон кыймылы 1960-жылдардын орто ченинде Аризона штатынын бир түрмөдө жаза тартып жаткан адам Л. Рон Хаббардын китебинде тапкан принциптердин жардамы менен наркотикке болгон көз карандылыгын жеңип чыккан кезде пайда болгон. Ал ошол эле принциптерди башка түрмөдөгү адамдарга жардам берүү үчүн колдонгон. Бүгүнкү күндө «Нарконон» программасы 40 өлкөдө иштейт. Саентологдор «Нарконон» программасы жарым миллиондон ашык адамды наркотикалык көз карандылыктан куткарды, ал эми 18 миллион адам наркотиктер тууралуу чындыкты үйрөндү деп, эсептешет [12]. Бул программаны акча табуунун бир ыкмасы катары карасак болот, анткени бир адамга жардам берди деп, ал принциптерди массалык колдонуунун өзү буга далил боло алат.

Жалган идеологиянын коркунучтары. Негизги сынчылар саентологияны руханий негиздери жок жана адамдарды манипуляциялоо системасы катары көрүшөт, ал эми аны жактагандар болсо, бул дин адамдарга өз жашоосунда чоң ийгиликтерди жана жеке өнүгүүнү табууга жардам берет деп, жаңылыш эсептешет. Саентология чиркөөсүнүн идеологиясы, анын ичинде жалган убадалары жана манипуляциялык ыкмалары, Кыргызстандын социалдык-руханий баалуулуктарына чоң коркунуч жаратат. Бул уюмдун ишмердүүлүгү:

1. Жарандардын аң-сезимине жана жашоо принциптерине терс таасир этет.
2. Калктын арасында руханий жана маданий интеграцияны начарлатат.
3. Финансылык жана психологиялык көз карандылык жаратып, адамдарды мүлкүнөн жана акчасынан ажыратат [2].

Саентология чиркөөсү Кыргызстанда тыюу салынган, бирок анын жолдоочулары бар. Кыргызстандагы Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгүнө тыюу салынгандыгын Кыргыз Республикасынын Дин иштери боюнча мамлекеттик комиссиясынын маалыматтарына таянсак: "Саентология чиркөөсү Кыргызстанда диний уюм катары 2001-жылдын 31-январында катталган. Алар тиешелүү лицензиясыз диний жыйындарды өткөрө баштап, оккультизм ритуалдарды жана психотерапиянын элементтерин колдонуу менен мистикалык сеанстарды өткөрүшкөн. Мындан улам 2012-жылы алар каттоо күбөлүгүнөн ажыратылган. Чиркөө сотко кайрылып, каттоо күбөлүгүн калыбына келтирүүнү талап кылган, бирок сот талапты четке каккан жана саентология чиркөөсү өзүн-өзү жок кылгандыктан жана катталбагандыктан алардын ишмердүүлүгүнө тыюу салынган [5]. Бирок Бишкектеги саентология чиркөөсүнүн сайты азыр дагы иштеп жатат. Албетте, сайтта Бишкектеги телефон номери жана дареги көрсөтүлгөн, бирок мамлекет катары Казакстан аталган. Телефонго жооп жок. Ал эми чиркөө жайгашкан жерде анын ордунда азыр дүкөн бар. Муну

менен Кыргызстанда саентологдор жок дей албайбыз, анткени өзүн бүткүл планетанын дем берүүчүсү деп эсептеген кыргыз жараны Гүлзат Мамытбек боюнча тартылган видеороликтер жана анын саентолог экендигин моюнуна алгандыгы буга далил болот [5]. Ушундан улам, ага жана башка саентологдорго Кыргызстанда кандай чаралар көрүлөрү тууралуу маалыматтарды карасак, тиешелүү органдардан аларга кайрылуу келип түшкөн учурда гана чара көрүлөрүн билдиришкен. "Эгерде Гүлзат Мамытбек экстремисттик жана мыйзамсыз ишмердүүлүктү жайылтууга аракет кылып жаткандыгын көрсөк, ага чараларды көрмөкпүз. Бирок азырынча ага каршы эч кандай арыздар жана даттануулар түшкөн жок", - деп жооп беришкен.

Башка өлкөлөрдүн тажрыйбасы. Дүйнөнүн бир катар өлкөлөрүндө, анын ичинде Россия Федерациясында жана демократиянын мекени деп саналган мамлекеттерде, Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгүнө мыйзам чегинде тыюу салынган. Бул чиркөө деструктивдүү секта катары таанылып, анын иш-аракеттери социалдык жана маданий зыян алып келери далилденген.

Жыйынтык:

Саентология дүйнө жүзүндөгү диний кыймылдар жана философиялар арасында өзгөчө көрүнүш болуп саналат. Бирок анын түзүлүшү, үйрөнүү ыкмалары көптөгөн талкууларды жаратып, коомчулуктун ага болгон мамилеси татаал жана эки тараптуу бойдон калууда. Аны чыныгы дин же культ деп саноо маселеси ачык бойдон калууда жана ал ар бир адамдын жеке көз карашы, тажрыйбасы жана баалоосуна жараша болот деп, айтылса да, серепчилердин баамында Саентология чиркөөсү өзүн илимге негизделген философиялык агым катары көрсөтүүгө аракет кылган менен, анын ишмердүүлүгү терең психологиялык жана социалдык зыян келтирүүчү тоталитардык секта катары бааланат. Бул чиркөөнүн ишмердүүлүгүн коомдук көзөмөлдөп, анын коомго келтирген коркунучтарын алдын алуу керек.

Уюмдун Кыргызстандагы таасири анын улуттук жана маданий мурасына коркунуч жаратып, коомдук коопсуздукту камсыздоо боюнча чараларды көрүүнү талап кылат. Кыргызстанда Саентология чиркөөсүнүн жана башка тоталитардык секталардын ишмердүүлүгүнө көзөмөлдү күчөтүү зарыл. Бул уюмдун жалган идеологиясы жана калкка терс таасир этүүчү практикасы өлкөнүн социалдык жана маданий туруктуулугуна коркунуч жаратат. Кыргызстандын мыйзамдарын бекемдөөдөгү иш-чаралар жана калкты маалымдоо иштерин күчөтүү аркылуу мындай уюмдардын ишине чектөө киргизүү менен элдин руханий жана социалдык коопсуздугун сактап калабыз.

Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгү Кыргызстанда жана дүйнө жүзүндө талаш-тартыштарды жаратууда. Анын философиялык негиздери жана практикалары коомдук жана маданий чөйрөгө терс таасирин тийгизип, улуттук баалуулуктарга коркунуч жаратууда. Бул макалада Саентология чиркөөсүнүн ишмердүүлүгүнө тарыхый жана социологиялык талдоо жүргүзүлүп, анын Кыргызстандагы таасири изилденди. Коомдук коопсуздукту камсыздоо үчүн бул уюмдун ишмердүүлүгүнө мамлекеттик көзөмөлдү күчөтүү жана калкты маалымдоо иштерин активдештирүү зарыл.

Адабияттар тизмеси

1. Луи Теру: Мой фильм о саентологии // Докум. фильм Би-би-си [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bbc.co.uk> (дата обращения: 12.04.2025).
2. Мамаюсупов, О. Ш. Вопросы (проблемы) религии на переходном периоде [Текст] / О. Ш. Мамаюсупов. – Бишкек: 2003. – 299 с.
3. Митрохин, Л. Н. Религии "нового века" [Текст] / Л. Н. Митрохин. – М.: Советская Россия, 1985. – 273 с.
4. Привалов, К. Секты: досье страха [Текст] / К. Привалов. – М.: Изд-во политической литературы, 1987. – 221 с.
5. Текущий архив Госкомиссии по делам религий Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://religion.gov.kg> (дата обращения: 12.04.2025).

6. Саентология: секта как бизнес [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.scientologybusiness.com> (дата обращения: 12.04.2025).
7. Что такое саентология? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.whatis Scientology.org> (дата обращения: 12.04.2025).
8. Загадка Хаббарда: как сумасшедший фантаст создал религию? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hubbardmystery.com> (дата обращения: 12.04.2025).
9. Солодков, А. И. Саентология. Л. Рон Хаббард [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solodkov.ru> (дата обращения: 12.04.2025).
10. Саентология – история создания и принципы учения, статья "Моя философия" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.myphilosophy.scientology> (дата обращения: 12.04.2025).
11. Иваненко, С. И. Саентология: что это за религия? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ivanenkoscienceology.com> (дата обращения: 12.04.2025).
12. Тоголоков, А. М. Постсоветтик мезгилдеги Борбордук Азиядагы исламдык радикалдык кыймылдардын ишмердүүлүгү [Текст] / А. М. Тоголоков // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек: 2022. – № 6.
13. Тоголоков, А. М. Кыргызстандагы суфизмдин өзгөчөлүгү [Текст] / А. М. Тоголоков // Известия вузов. – Бишкек: 2011. – № 7. – С. 157.
14. Тоголоков А. М. Распространение суфизма среди тюркоязычных народов [Текст] / А. М. Тоголоков // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек: 2011. – № 7. – С. 149–153.
15. Алимова К. Т. Кыргыз элиндеги мусулман салттары жана майрамдары [Текст] / К. Т. Алимова // Известия вузов Кыргызстана. – 2016. – № 3. – С. 74–76.
16. Алимова К. Т. Кыргыз элине ислам дини менен катар анын баалуулуктарынын таралышы [Текст] / К. Т. Алимова // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек: 2016. – № 3. – С. 97–99.

Е.А. Никитина¹, Б.Т. Каримов²

¹«МЭИ» Улуттук изилдөө университети, Россия, Москва,

²И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹ «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, Москва,

²КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E. A. Nikitina¹, B. T. Karimov²

¹National Research University, Moscow Power Engineering Institute, Russia, Moscow,

¹ Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

ПОРТРЕТ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

ТЕХНИКАЛЫК ЖОГОРКУ ОКУУ ЖАЙЫНЫН ЖЕТЕКЧИСИНИН ПОРТРЕТИ

PORTRAIT OF THE HEAD OF A TECHNICAL HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

Глобалдашуу, ар кайсыл мамлекеттердин негизги иш-аракет аянттарын бирдиктүү дүйнөлүк системага интеграциялоонун көп тараптуу процесси болуп, мамлекеттин бардык иш-аракет чөйрөлөрүнө чоң таасирин тийгизди. Билим берүү чөйрөсү дагы глобалдашуунун таасиринде калды. Болон декларациясына, баланын жекече өзгөчөлүктөрүнө, үзгүлтүксүз билим алуу концепциясына, ошондой эле компетенттүүлүккө багыттоо талабынын өсүшүнө байланыштуу, мамлекет билим берүү комплекстерин түзүү зарылчылыгы жөнүндө чечим кабыл алды. Билим берүү комплекстерин натыйжалуу башкаруу үчүн, кеңири билимдерге, өнөрлөргө жана көндүмдөргө ээ болгон күчтүү жана ийгиликтүү лидер керек. Билим берүү комплексин башкаруу системасында жетекчинин ишмердүүлүгүнүн натыйжалуулугун аныктоочу сапаттарды түшүнүү үчүн, анын «идеалдык портретин» аныктоо зарыл.

Түйүндүү сөздөр: жетекчинин «портрети», техникалык жогорку окуу жайы, башкаруу, натыйжалуулук, билим берүү процесси.

Глобализация как многогранный процесс объединения ключевых сфер деятельности различных стран в единую мировую систему существенно повлияла на все стороны государственного функционирования. Сфера образования также подверглась её воздействию. Учитывая принципы Болонской декларации, приоритет личности ребенка, концепцию lifelong learning (непрерывного образования) и растущий спрос на компетентностный подход, государство пришло к выводу о целесообразности формирования образовательных комплексов. Для их успешного управления требуется сильный лидер, обладающий широким спектром знаний, навыков и профессиональных качеств. Чтобы выявить ключевые характеристики эффективного руководителя такой структуры, необходимо создать его «идеальный профиль».

Ключевые слова: «портрет» руководителя, технический вуз, управление, эффективность, образовательный процесс.

Globalization, as a multifaceted process of integrating the fundamental spheres of activity of various states into a unified worldwide system, has had a profound impact on all areas of state functioning. The field of education has also been influenced by globalization. Guided by the Bologna Declaration, the focus on the child's individuality, the concept of lifelong learning, and the growing demand for a competency-based approach, the state has recognized the need to establish educational complexes. To effectively manage these complexes, a strong and capable leader with an extensive set of knowledge, skills, and abilities is required. To determine which qualities, define the effectiveness of a leader in managing an educational complex, it is necessary to outline their "ideal portrait".

Keywords: "portrait" of a leader, technical university, management, efficiency, educational process.

Введение: для эффективного выполнения управленческих функций руководителю необходимо обладать комплексом профессиональных компетенций. Как отмечает М.П. Лаврищев, современные требования к управленцу включают такие ключевые качества, как адаптивность и мобильность, владение иностранными языками с пониманием культурных особенностей других стран, технологическую грамотность. Особое значение имеют навыки аналитической обработки внешней информации, стратегическое видение и способность к взвешенному информированию заинтересованных сторон. Современный руководитель должен сочетать аналитическое мышление с творческим подходом, демонстрировать приверженность принципам организации и социальную ответственность. Не менее важны способность к оперативной адаптации в изменяющихся условиях и ориентация на непрерывное профессиональное развитие, что позволяет своевременно осваивать новые технологии в профессиональной деятельности.

Цель исследования: определение ключевых особенностей руководителя технического высшего учебного заведения.

Методы исследования: в качестве ключевых методов исследования использованы анализ, синтез, определение, классификация.

Результаты исследования и их обсуждение

Феномен руководства возник одновременно с появлением человеческого общества. В любой совместной деятельности, направленной на достижение результата, естественным образом выделяется лидер, берущий на себя функции распределения задач, контроля их выполнения и основную ответственность за конечный результат и сплочение коллектива. Таким образом формируются управленческие отношения: лидер становится руководителем, а остальные участники - его подчинёнными.

Что касается управления техническим вузом, то требуемый набор управленческих компетенций напрямую зависит от социальных функций университета и круга заинтересованных сторон. В процессе эволюции высшего образования количество социальных групп, оказывающих влияние на деятельность вуза, постоянно возрастало. Это закономерно отражалось на целях и задачах университетского менеджмента, формируя новые требования к профессиональным качествам руководителя. (Таблица 1).

Таблица 1 - Социальные группы, влияющие на работу университета, в разных исторических моделях, и расширение компетенций руководителя

Модель университета	Основные социальные группы	Расширение списка необходимых компетенций руководителя
Болонская модель (Болонский университет, основан в 1088 г.)	Студенты	Умение взаимодействовать со студентами на основе их интересов и требований
Парижская модель (Парижский университет, основан в 1208 г.)	Высококвалифицированные преподаватели, способные не только обучать студентов, но и развивать научное знание, а также студенты	Умение привлекать и удерживать талантливых специалистов в области получения знаний, понимание тенденций в развитии научного знания
Берлинская (гумбольдтовская) модель (Берлинский университет, основан в 1809 г.)	Студенты, преподаватели, исследователи, государство как основной заказчик специалистов определенных направлений и научного знания	Умение обеспечивать не только качественное образование, но и проведение исследований, а также эффективно взаимодействовать с государством [Андреев, 2009]
Американская модель (конец XIX в., в частности Университет Джонса Хопкинса, Университет Кларка, Стэнфордский университет, Чикагский университет [Коннов,	Студенты, преподаватели, исследователи, государство, а также промышленность и бизнес, взаимодействуя с которыми, университет коммерциализирует знания	Умение внедрять элементы предпринимательского подхода, в том числе и в сфере управления [Keller, 1983. Р. 6–7], т. е. эффективный руководитель университета данного типа должен гарантировать
Репина, 2015; Михайлова, 2010])		достижение следующих основных целей: «преподавание, исследования и оказание услуг» [Кларк, 2011. С. 31]
Модель нового американского университета (Университет штата Аризона, начало XXI в. [Кроу, Дэбарс, 2017])	Студенты, преподаватели, исследователи, государство, промышленность и бизнес, а также взрослые профессионалы, проходящие переподготовку и повышение квалификации	Комбинация различных организационных форм, наиболее подходящих для достижения многообразия запланированных целей и результатов

Таким образом, адаптируясь к вызовам внешней среды, университет расширяет спектр своих функций, что, в свою очередь, требует от руководителя развития новых компетенций.

Особую значимость приобретает роль руководителя в процессах трансформации вуза, включая:

- реорганизацию управленческой системы,
- развитие международного сотрудничества,
- совершенствование образовательных стандартов,
- усиление научно-исследовательской составляющей.

Эти вопросы особенно актуальны для России, где стратегической задачей является повышение глобальной конкурентоспособности высшего образования и его интеграция в мировое научно-образовательное сообщество.

Требования к руководителю технического университета указаны на рисунке 1.

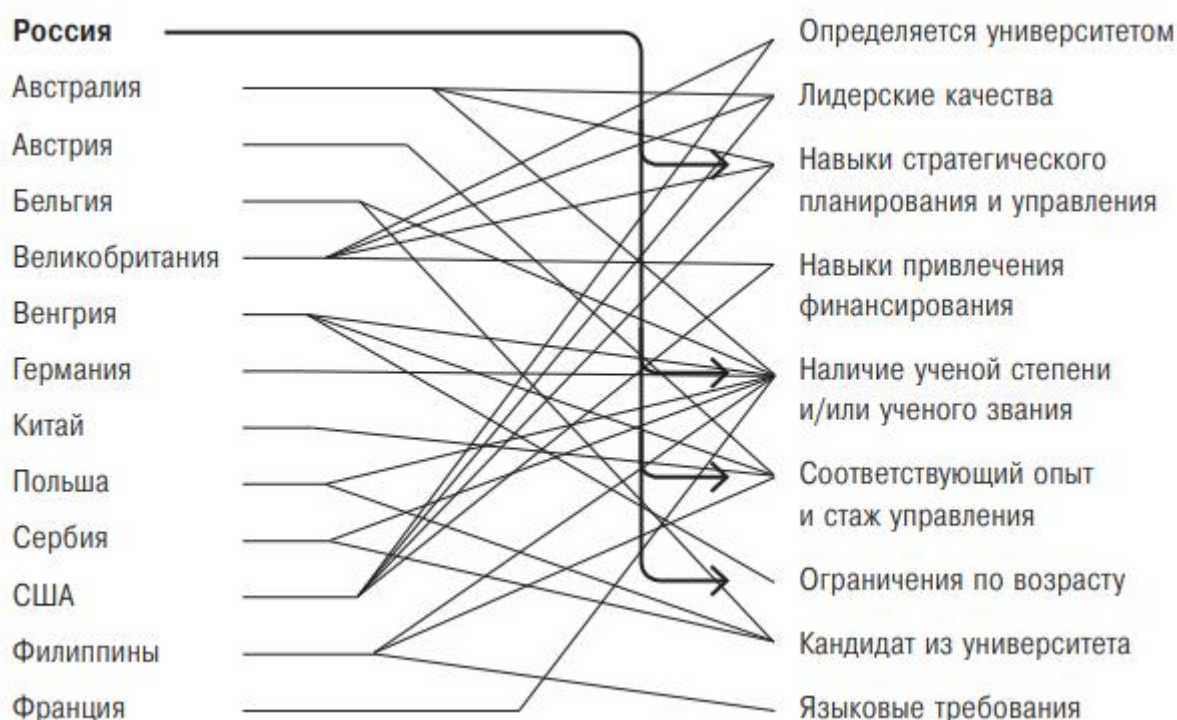


Рисунок 1 - Квалификационные требования к должности руководителя технического университета в странах мира.

Современная психология управления активно исследует проблему структурной организации личности руководителя и содержательного наполнения её ключевых элементов. Анализ научных работ в данной области демонстрирует отсутствие консенсуса среди исследователей относительно универсальной модели психологической структуры управленца. Следует подчеркнуть, что существующие теоретические концепции формируются преимущественно на основе субъективных авторских интерпретаций как самой категории личности, так и её значения в контексте управленческих процессов.

В эпоху стремительных технологических изменений роль руководителя в техническом вузе приобретает особое значение. Это уже не просто администратор, а визионер, способный предвидеть будущее инженерной науки и адаптировать образовательный процесс к новым вызовам.

Ключевым качеством такого лидера является глубокое понимание специфики технического образования. Он должен не только обладать научным авторитетом в своей области, но и разбираться в современных тенденциях развития технологий. Руководитель должен быть способен оценить потенциал новых направлений исследований, поддержать перспективные научные коллективы и создать условия для их успешной работы.

Важным аспектом является умение выстраивать эффективную коммуникацию как внутри вуза, так и с внешним миром. Руководитель должен уметь находить общий язык с профессорско-преподавательским составом, студентами, представителями бизнеса и государственных структур. Это необходимо для привлечения инвестиций, развития партнерских отношений и продвижения научных разработок.

Современный руководитель технического вуза – это лидер, обладающий стратегическим мышлением, инновационным подходом и способностью к принятию

решений в условиях неопределенности. Он должен быть готов к постоянному обучению и самосовершенствованию, чтобы соответствовать требованиям быстро меняющегося мира.

Не менее важна способность руководителя создавать атмосферу творчества и инноваций в вузе. Это предполагает поддержку студенческих инициатив, развитие стартап-движения, создание современных лабораторий и центров прототипирования. Руководитель должен быть готов рисковать и поддерживать проекты, которые на первый взгляд кажутся нереалистичными.

В условиях цифровой трансформации образования руководитель технического вуза должен быть проводником изменений. Он должен стимулировать внедрение новых образовательных технологий, развитие онлайн-курсов и платформ дистанционного обучения. Важно, чтобы студенты имели доступ к самым современным знаниям и инструментам, которые помогут им стать успешными инженерами и учеными.

Современные вызовы в сфере высшего образования требуют особого акцента на расширении международных связей. Руководителю образовательного учреждения необходимо активно выстраивать стратегическое партнерство с мировыми научно-образовательными центрами. Подобная практика открывает возможности для:

- обмена инновационными образовательными технологиями;
- привлечения зарубежных специалистов и обучающихся;
- реализации транснациональных исследовательских инициатив.

В условиях динамично изменяющейся академической среды ключевыми становятся способности к оперативной адаптации и гибкому реагированию на нестандартные ситуации, характерные для технической сферы. При этом важно сохранять баланс между рациональным подходом и доверием к профессиональной интуиции. Развитие эмоциональной устойчивости к стрессовым факторам представляет собой еще один критически важный аспект профессионального роста.

Психологический феномен «зоны комфорта», обеспечивающий ощущение стабильности и защищенности может становиться существенным барьером для профессионального развития. Преодоление этого барьера через сознательное принятие новых вызовов и нестандартных ситуаций является необходимым условием для формирования полноценного лидерского потенциала и профессионального совершенствования.

Выводы:

Руководитель технического ВУЗа обладает значительными компетенциями в академической сфере (доктор наук, профессор), имеет продолжительный научно-педагогический стаж, долгое время проработал в ВУЗе, который сейчас возглавляет. Он в значительном числе случаев имеет опыт работы в научных организациях и в/при структурах органов власти, что помогает ему выстраивать взаимоотношения с ними.

Ему приходится балансировать между научными амбициями, административной необходимостью и потребностями стремительно меняющегося рынка труда.

Можно отметить основные особенности «портрета» руководителя:

Во-первых, он должен обладать глубоким пониманием тенденций развития науки и технологий, чтобы формировать стратегию развития университета, направленную на подготовку востребованных специалистов и проведение передовых исследований. Это требует постоянного самообразования, участия в научных конференциях и взаимодействия с экспертным сообществом.

Во-вторых, эффективное управление университетом предполагает умение мотивировать коллектив, привлекать инвестиции и оптимизировать ресурсы. Руководитель должен быть лидером, способным вдохновлять преподавателей и студентов на достижение высоких результатов, а также налаживать партнерские отношения с бизнесом и государственными структурами.

В-третьих, университет – это сложная социальная система, и руководитель должен обладать развитыми коммуникативными навыками, чтобы эффективно взаимодействовать с

различными группами интересов, разрешать конфликты и формировать позитивный имидж вуза.

Таким образом, руководитель технического вуза – это многогранная личность, сочетающая в себе качества ученого, педагога, менеджера и лидера. Его успешная деятельность является ключевым фактором для развития технического образования, науки и экономики страны. Он – архитектор будущего, создающий интеллектуальный потенциал нации.

Список литературы

1. Лаврищев, М. П. Формирование профессиональных компетенций менеджера в условиях глобализации [Текст] / М. П. Лаврищев // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург: 2013. – № 8(15), ч. 3. – С. 131–133.
2. Серышев, Р. В. Условия и тенденции развития системы управления образовательными комплексами и учреждениями [Текст] / Р. В. Серышев // Вестник ГУУ. – Москва: 2017. – № 4. – С. 175–180.
3. Антонова, С. И. К вопросу об организаторских способностях менеджеров (руководителей) в зарубежной и отечественной психологии [Текст] / С. И. Антонова // Вестник Бурятского государственного университета. – Улан-Уде: 2012. – № 5. – С. 35–41.
4. Денисова, О. П. Формирование коммуникативных и организаторских способностей руководителя [Текст] / О. П. Денисова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – Тольятти: 2012. – № 2. – С. 17–20.
5. Минакова, Н. И. Профессиональное самосознание руководителя образовательной организации: сущность, структура [Текст] / Н. И. Минакова // Обучение и воспитание: методики и практика // Науки об образовании. – 2013. – № 10. – С. 303–309.
6. Кларк, Б. Р. Система высшего образования: академическая организация в кросс-национальной перспективе [Текст] / Б. Р. Кларк. – М.: Изд. дом ВШЭ, 2011. – С. 15–18.
7. Дорога к академическому совершенству: становление исследовательских университетов мирового класса [Текст] / Ф. Дж. Альтбах, Д. Салми. – М.: Весь Мир, 2012. – С. 36–37.

М. Ш. Толобаев, Г. А. Абылкасымова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

M. Sh. Tolobaev G. A. Abylkasymova
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
mtolobaev.m@mail.ru gulnaz.kn@mail.ru

ФИЛОСОФИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПАРАДИГМЕ НАУКИ И ГУМАНИЗМА

ИЛИМ ЖАНА ГУМАНИЗМ ПАРАДИГМАСЫНДАГЫ ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТ ФИЛОСОФИЯСЫ

PHILOSOPHY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PARADIGM OF SCIENCE AND HUMANISM

Макалада гуманизм илиминин жана идеологиясынын көйгөйлөрүнүн бири катары жасалма интеллект философиясына байланышкан көйгөйлөр каралат. Жасалма интеллектти түзүү гуманизмдин парадигмасына туура келет, анткени адамдын аң-сезиминин моделдерин колдонуу жана компьютердик технологияларды колдонуу менен адамдан тышкаркы мүмкүнчүлүктөрү бар аң-сезимди түзүү максаты коюлган. Башкача айтканда, гендик, сенсордук, социалдык инженерия жана синтетикалык биологияны камтыган NBICS (нано-, био-, инфо-, когнитивдик-социалдык) технологияларын колдонуу менен жетишилген дененин жана мээнин эволюциясы.

Түйүндүү сөздөр: сенсордук, гендик инженерия, коммуникация, парадигма, интеллект, имитация, психика, интроспекция, компетенттүүлүк, глобалдык, жөнгө салуучу.

В статье рассматриваются проблемы, связанные с философией искусственного интеллекта как одной из проблем науки и идеологии гуманизма. Создание искусственного интеллекта вписывается в парадигму гуманизма, так как, используя модели человеческого сознания и применяя компьютерные технологии, ставится цель - создать сознание со сверхчеловеческими возможностями. То есть эволюции тела и мозга, достигаемой при помощи НБИКС (нано-, био-, инфо-, когнитив-социальных) технологий, включающих в себя генную, сенсорную, социальную инженерию и синтетическую биологию.

Ключевые слова: сенсорная, генная инженерия, коммуникация, парадигма, интеллект, имитация, психика, интроспекция, компетенция, глобальный, регулятор.

The article examines the problems associated with the philosophy of artificial intelligence as one of the problems of science and the ideology of humanism. The creation of artificial intelligence fits into the paradigm of humanism, since, using models of human consciousness and using computer technology, the goal is to create consciousness with superhuman capabilities. That is, the evolution of the body and brain achieved using NBICS (nano-, bio-, info-, cognitive-social) technologies, including genetic, sensory, social engineering and synthetic biology.

Key words: sensory, genetic engineering, communication, paradigm, intelligence, imitation, psyche, introspection, competence, global, regulator.

На современном этапе развития цифровых технологий, их применения во всех сферах человеческой деятельности и природной действительности, вопрос создания искусственного

интеллекта входит в число актуальных. И такая постановка вопроса не может оставаться без философского объяснения в рамках науки и гуманизма. Сложность взаимодействия человека с искусственным интеллектом воспринимается противоречивым аспектом философской проблемы в контексте отношения человека к своему индивидуальному сознанию. Естественной способностью человека, заложенной в нём природой, является желание понимать и объяснять продукты своего творчества и деятельности, от того, что существует в окружающем мире.

Актуальность создания искусственного интеллекта может носить также практический характер, так как для современного человека ИИ не относится к области естественного, а потребность его реализации имеет высокую степень остроты. Вопросы искусственного интеллекта вкупе с проблемами виртуальной реальности, то есть процесса изменения морали человека и развитием «цифровой этики» относятся к категории транснаучных проблем. Понятие «транснаука» появилось в 1970-х гг. в статье Э. Вайнберга «Наука и транснаука». Проблемы, которые формулируются наукой, но на которые она пока не может найти ответ, определяются как переходные, т. е. транснаучные [1].

В период ускоренного развития глобализационных процессов и технологических прорывов, становление транснауки опережает степень влияния фундаментальных областей знаний, то есть роль традиционных наук, междисциплинарного подхода постепенно отходит на второй план. Классические парадигмы деления на гуманитарные и естественные науки, их влияние сегодня зависит от степени развития IT-технологий. В процессе методологических изменений происходит смена подхода к пониманию человека, он воспринимается как трансчеловек, следовательно, формируется идея трансгуманизма. Идеология трансгуманизма подвергает постепенной технологической эволюции все природные данные человека, подключая генную, социальную инженерию и социальную биологию. По мысли трансгуманистов, человек как биосоциальное существо – это исчезающий вид, а личность – архаизм: на смену человеку-субъекту приходит человек-объект, природа которого устанавливается путем эксперимента [2]. Таким образом, развитие ИИ приводит к появлению новой парадигмы трансгуманизма, тем самым распространяя идею формирования сверхсознания с суперчеловеческими способностями и возможностями.

При исследовании искусственного интеллекта, следует обратить основное внимание на его противопоставление человеческому сознанию, а в данном случае, основным методом должен выступать объяснение от сложного к простому и определение роли сознания, как основной структурной части психики. В свою очередь, седьмым уровнем регуляторных систем после сознания является культура [3], которая соединяет в себе природные и надприродные начала, их взаимодействие. Если предположить успешную реализацию создания проекта искусственного интеллекта, то необходимо учесть вероятность того, что он может создать свою регулятивную систему, способную подтвердить собственную субъектность. Естественное сознание в качестве регулятора разделяет внешний и внутренний мир, например, при медитации и гипнозе сознание не занимается переработкой информации [4].

При восприятии искусственного интеллекта как нечто противоестественное, то человек может потерять веру в познавательные способности, развитые в нём в процессе занятия умственной деятельностью. Обесмысливается метафизическая компонента познавательного процесса, означающая отсутствие ответственности человека за познаваемое, что приближает к идеализации роботизации человека. Такое понимание приводит к приравниванию возможностей человеческого сознания со способностями искусственного интеллекта. В нашей статье главное внимание уделяется нахождению философского ответа на вопрос – каковы перспективы организации системы «человек – искусственный интеллект». Исходя из поставленной задачи, необходимо отметить, что исследование ИИ может иметь эмпирический характер с высокой степенью метафизичности.

Для правильного понимания логики исследования очень важно определение возможностей искусственного интеллекта с точки зрения психических процессов, т.е. ИИ

сможет ли к регенерации различных форм самосознания, способно ли к культивации творческой деятельности и как отражается на генетических механизмах. Таким образом, учитывая энергозатратность искусственных нейросетей по сравнению с естественными [7], роль искусственного интеллекта в жизни человечества и его широкого применения в целях глобального контроля представляется мифологизацией, имеющей больше отношения к социальным технологиям, основанным на вере в существование сверхразума, чем к развитию нейронаук.

Для объяснения взаимодействия человека с искусственным интеллектом в рамках философской рефлексии, необходимо определить важность связи человека и сложность его сознания, их тесное сотрудничество. Такая форма общения понимается как феномен человека, способствующий воспринимать искусственные явления в двух ипостасях – внутренних и внешних средах, т.е. культурном аспектах. Данный подход актуализирует остроту праксологического характера искусственного интеллекта, так как на современном этапе развития он ещё не обрёл форму естественности. Этим и объясняется враждебность к ИИ, косвенно, влияющий на убеждённость человека, обладающего познавательными возможностями. Ведь познание человека способно осознать то, чего он не знает. Такая форма механизации человека может создать условия к приравниванию искусственного интеллекта с сознанием. Поэтому необходимо искать новые пути взаимодействия в системе «человек и искусственный интеллект». То есть актуальность антропологической соразмерности ИИ более чем очевидна.

Сегодня вопрос создания искусственного интеллекта представляется неоднозначной проблемой, в своём рассмотрении может носить и принципиально философский характер. Термин «искусственный интеллект» появился в 1956 году, а вопрос его создания бесконечно обсуждается и меняется. Этому есть ряд объяснений, в одном из интервью Илон Маск сказал, что безудержное развитие искусственного интеллекта может привести человечество к последствиям, далеко превосходящим по негативному влиянию ядерную войну. Не обращать внимания на такие прогнозы будет как минимум безответственность к нашему будущему. Реальность такова, что развитие AI находится на стадии выхода из-под социального и человеческого контроля. Это лишний раз требует, доказывает рассмотрения в традиционных философских подходах при решении новых проблем, связанных с ИИ.

Рассмотрение искусственного интеллекта в философской парадигме, дало бы возможность применить новые аспекты его взаимодействия с другими искусственными социальными феноменами, могло бы изменить видение сторонников алармизма. Для объективного раскрытия сути вопроса теоретической базой может стать философская традиция от Платона до О. Шпенглера, М. Хайдеггера, К. Леви-Стросса. Описав область исследования и поставленные задачи, мы фактически уже назвали некоторые методологические ключи, которыми будем пользоваться. Это принцип системности, принцип параллаксного сдвига и соответствующего ему параллаксного видения, принцип деконструкции, принцип симфонизма, идея аутопоэзиса, которые, в свою очередь, не противоречат и классическим методам диалектики. Специфика взаимодействия искусственного и естественного в человеческой реальности представляется достаточно сложным процессом, который описывается в категориях диалектики оестествления и разьестествления [5]. В нашей статье, мы хотим обратить внимание на такой момент, что человеческое сознание и ИИ, понятия абсолютно разные как в понимании, так и в объяснении, что не может предполагать тождественности между ними.

Термин «интеллект» имеет многослойные и многосмысленные определения, это понятие исследуется в феноменологии, психологии, философии, педагогике, когнитивистике, информатике и социологии. Каждая область наук раскрывает смысл термина интеллект в рамках собственных исследовательских задач. Различные интерпретации научных дисциплин обнаруживают, что термин интеллект, обозначающий способность человека к приобретению новых знаний, решению задач, адаптации к новым ситуациям и творчеству. Отсюда следует, что интеллект не является синонимом сознания, а это снимает

обсуждаемые философией дискуссии. Исходя из этого, относительно, рассматриваемой проблемы нашей темы, возникает вопрос - создание ИИ сможет ли решать гуманистические задачи? Что касается определения «искусственное», то оно понимается как созданное человеком, обработанное им на основе своих природных начал, что в конечном итоге ассоциируется с понятием естественного.

Человеческий интеллект – это культивируемый интеллект, всегда искусственно (до-) создаваемый самим человеком, он никогда не дан готовым раз и навсегда, он по определению искусственен. Однако человек любую ступеньку своего развития превращает в нормальное повседневное повторяющееся явление, искусственное становится для него естественным. Существует и еще одна иллюзия, которую трудно преодолеть даже в теоретическом формате, если не поставить перед собой задачу держать эту мысль в горизонте своего рассуждения. М.К. Мамардашвили назвал это «обыденной привычкой мышления», которых не лишен любой теоретик. Она связана с тем, что «мы, как правило, вписываем акты сознания в границы анатомического очертания человека. Но, возможно, существенным, каким-то первичным образом сознание размещено вне индивида и представляет собой какое-то пространственноподобное или полевое образование» [6].

При определении своего места и роли, человек обнаруживает причинно-следственные связи, применяет различные философские категории, осмысливает научные теории и использует новые методологические ориентиры. При других обстоятельствах исчезает метафизика познавательного процесса, состоящая, прежде всего в том, что познающий человек (или сообщество познающих людей) знает о том, что он не знает. Это «знание о неизвестном» – необходимая человеческая компонента процесса познания [6]. Различные знания для искусственного интеллекта могут не обладать степенью важности, но человек как разумное, сознательное существо должен всегда выступать в роли познающего, меняющего себя и своё окружение.

В процессе своей жизнедеятельности человек использует сознание как инструмент познания, оценки, определения и нахождения своей цели, миссии в социуме и мире природы. Поэтому необходимо, чтобы его сознание было обращено на объективизацию ИИ, нежели в ущерб человеческому развитию. Задача человека не оказаться в той ситуации, когда может произойти его собственное омашинивание. В современном обществе идет механизация человека и этот процесс начался достаточно давно, когда появилось крупное машинное производство. Но всё же имеется ограниченное пространство, не подверженное процессу технизации и как в перспективе не захватить его искусственным интеллектом. Процесс начат и следует признать, что искусственный интеллект по своим количественным параметрам стал превосходить человеческие, а его совершенствование, увеличение возможностей и применение продолжается прогрессировать. Вероятность контроля человеком ИИ в будущем минимальна, история показывает, что последствия технических угроз не останавливают научно-технический прогресс.

ИИ индивиден, но не индивидуален, поэтому человек формируется только в процессе общения и взаимодействии с людьми и обществом. Для искусственного интеллекта это не характерно, понятие быть одиноким здесь не уместно. Главное качество и отличие человека от ИИ не отказаться от культурного богатства человеческих отношений, не стать подобием технической системы. Главной задачей должно стать преодоление обыденного мышления, не потерять осознания сущности своего родового начала.

При создании новых средств поддержания разума, возможно, целью является достижения совершенства, что отражается в применении множественных технических систем. Но нельзя упускать из виду такое понимание, что, когда идеальная система совершенствуется в рамках своей функции, разум способен обнаружить новые цели, при отсутствии необходимого понимания и объяснения системы современные технологии могут быть не восприняты коллективным сознанием. Поиск рациональных путей источников связи приведут лишь к отсутствию взаимодействия в существующей системе, к временному застою в технологическом развитии, что далеко от прорывных концепций.

Исходя из вышесказанного, следует отметить такие моменты, когда внедрение новых технологических достижений должны учитывать устоявшиеся социальные отношения и конструктивное взаимодействие возможно лишь с учётом множественных общественных факторов. Игнорирование природных данных человека при контакте с ИИ, чревато сложными последствиями и вполне прогнозируемы. Понимание роли искусственного интеллекта в контексте симфонической и композиционной парадигмы, представили бы новые контуры при взаимодействии с новыми технологическими идеями и вполне могут отодвинуть на задний план фобии ИИ, что может отразиться на количестве сторонников искусственного интеллекта в будущем.

В нашей статье уделяется особое внимание на идею развития искусственного интеллекта как коллективного субъекта, а это не может быть рассмотрено без системной аналитики социума. Связь ИИ с сознанием, запакованным в антропологические границы индивидуального человеческого тела, может привести к искажённому раскрытию сущности проблемы и затруднит нахождение путей гармонизации между ИИ и человеком. Попытка перенести проблему в иной, непривычный для нее контекст, разыграть ее «на театре философии», пользуясь словами М.К. Мамардашвили [6], используя для ее осмысления весь философский багаж, возможно позволит снизить градус алармизма, расширить теоретическую базу анализа и добавить толику здорового скепсиса и иронии в рассуждения о бесконечном превосходстве искусственного интеллекта над возможностями человека.

С развитием и распространением цифровых технологий перед человечеством остро встал вопрос о выживании в будущем. И этому есть вполне логическое объяснение, а именно естественное постепенно поглощается искусственным: «в XX веке на Земле образовалось две реальности, "два мира" – мир естественного и мир искусственного. С одной стороны сохраняется то, что может существовать без человека, растет и рождается, а с другой – приобрело невиданную значимость и собственные законы развития то, что им создано, функционирует и изобретается. Искусственное стало самостоятельным и его отношение с естественным определяет нынче содержание любой, сколько-нибудь серьезной проблемы. Если это отношение обострится до несовместимости, до полного взаимного отрицания, до того, что один из миров будет подавлен или поглощен другим, человек как таковой, как *Homo sapiens* обречен на исчезновение. Либо непосредственное, в результате биологической деградации и вымирания, либо в результате перерождения в иное состояние, возможно более «высокое», но уже нечеловеческое» [5]. Такое понимание сути реальности активизирует внимание исследователей интерес к искусственному. Применения ИИ начались в 2014–2016 гг, учитывая это, эксперты к 2025 г. прогнозируют рост мирового рынка технологий искусственного интеллекта уже на порядок [8]. Данный подход, т.е. сосуществование человека с искусственным интеллектом, может в корне расширить контуры современной философской науки, а именно создание отдельного раздела - философии искусственного интеллекта.

Подводя итоги, можем отметить, что искусственный интеллект представляет собой ментальную реальность, созданный при участии коллективного мышления, имеет тенденции для развития, самоорганизации, самообучения и обладает способностями творческого решения возникающих проблем. Следовательно, рассматриваемая проблема ИИ, должна приниматься как исторический прорыв новой идеи научного поиска исследователей, расширяющий горизонты нахождения человечеством современной истины. При решении глобальных проблем реализация философских идей и научное творчество это путь к прогрессу гуманизма. То есть создание и внедрение ИИ, обладающего свойствами самообучения, развития и самоорганизации в решении сложных общечеловеческих (гуманистических) проблем, не есть ли истинная цель философии и миссия современной науки.

Сегодня мы, возможно, в преддверии объединения философских знаний, научных достижений с гуманистическими идеями и принципами, воплощёнными в человеческом мышлении находимся в процессе создания нового, а именно ИИ, основанного на природных

началах коллективного интеллекта. Реализация такой программы и определит существование, сохранение жизни на планете, что будет возложено на ИИ, т.к. человечество в своём консьюмеризме не задумывается о перспективах своего будущего. Необходимо также указать на важность цифрового образования и грамотного программирования, что станет главным критерием конкурентоспособности в этой сфере. Развитие ИИ может кардинально изменить образование в перспективе и процесс обучения, его эффективность может выйти на более высокий уровень.

Но нельзя не обращать особого внимания на определённые риски этического, социального и правового характера. Выход в разработке новой стратегии внедрения и использования ИИ, с учётом программы защиты, при определении и повышении квалификации сотрудников различной категории. Учитывая разнообразные прогнозы по поводу внедрения ИИ, а также на категоричный пессимизм, необходимо обратить внимание на то, что процесс адаптации при социальном взаимодействии с системой ИИ, будет зависеть от обеспечения технологической безопасности и этической ответственности разработчиков.

Современная социальная реальность неизбежно подвержена цифровой революции, что отражается на практическом поведении человека и социума в целом. Поэтому философия ИИ это многогранная архитектура, которая может объединить различные аспекты человеческой деятельности, включая культурные, социальные и научные сферы. Такое междисциплинарное взаимодействие создаёт новую парадигму научной методологии исследования, что в будущем не может не отразиться на нашей природе мышления и соответственно социальном поведении. Вопрос лишь в том, каковы перспективы нашего развития, каково в нем место гуманизму и в пользу чего человечество сделает выбор.

Список литературы

1. Кутырёв, В.А. Естественное и искусственное: борьба миров [Текст] / В.А.Кутырев. – Москва-Берлин:Директ Медиа, 2014. – 270 с.
2. Сергеев, С. Ф. Образование в техногенном мире: гуманизм vs трансгуманизм [Текст] / С.Ф.Сергеев // Школьные технологии. – Москва: 2017. – № 1. – С. 20–29.
3. Беломестнова Н. В. Сознание и культура в естественно-научной парадигме [Текст] / Н. В. Беломестнова, О. В. Плебанек // Вопросы философии. – Москва: 2012. – № 10. – С. 43–53.
4. Комиссина И.Н. Современное состояние и перспективы развития технологий искусственного интеллекта в Китае [Текст] / И.Н.Комиссина // Проблемы национальной стратегии. – Москва: 2019. - № 1 (52).– 210 с.
5. Терещенко Н.А. Социальная философия после «смерти социального» [Текст] / Н.А. Терещенко. – Казань: Казан. ун-т., 2011
6. Мамардашвили М. К. Сознание – это парадоксальность, к которой невозможно привыкнуть [Текст] / М. К. Мамардашвили // Как я понимаю философию / М.К. Мамардашвили – Москва: Прогресс, 1990. – С. 72–85.
7. Кульчицкий, В.А. Естественен ли искусственный интеллект? [Текст] / В. А. Кульчицкий, Т. А. Филиппович // Наука и инновации. – Минск: 2021. – № 5 (21). – С. 14–16.
8. Мигуренко, Р. А. Постнеклассические стратегии решения проблемы сознания и здравый смысл [Текст] / Р. А. Мигуренко // Известия Томского политехнического университета. Экономика: Философия, социология и культурология. История. – Томск: 2012. – Т. 321, № 6. – С. 157–161.

УДК 519.688

DOI:10.56634/16948335.2025.3.795-800

Г.С. Исаева

КР УИА Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
Институт машиноведения, автоматике и геомеханике НАН КР,
Бишкек, Кыргызская Республика

G.S. Isaeva

Institute of Mechanical Engineering, Automation and Geomechanics NAS KR,
Bishkek, Kyrgyz Republic
gulmira.isaeva12@gmail.com

ПОЗИЦИОННЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ

ЖЕР КӨЧКҮ КУБУЛУШТАРЫН ПОЗИЦИЯЛЫК ЫКМА МЕНЕН МОДЕЛДӨӨ

POSITIONAL APPROACH TO MODELING LANDSLIDE PHENOMENA

Бул эмгек позициялык динамикасынын негизги түшүнүгүн сүрөттөйт. Позицияга негизделген методдор алгач катуу заттарды моделдөө үчүн иштелип чыккан. Акыркы басылмалар аларды суюктуктарды жана муундуу катуу заттарды моделдөө үчүн колдонсо болорун көрсөттү. Динамиканы моделдештирүүнүн классикалык методдору системанын импулсунун өзгөрүшүн колдонулган күчтөрдүн функциясы катары карайт, ылдамдыкты жана ылдамданууну сандык интегралдаштыруу аркылуу системанын абалынын өзгөрүшүн аныктайт. Позицияга негизделген ыкмалар квазистатикалык маселенин чечилишинен түз эсептейт. Моделдештирүүнүн негизги идеясы жана алгоритми – бул моделделген объекти сүрөттөөгө мүмкүндүк берүүчү чектөөлөр системасын чечүү. Чектөөлөр заттардын салыштырмалуу кыймылын чектеген теңдемелер жана теңсиздиктер түрүндө туюнтулат. Кыймыл теңдемесин сандык чечүүгө болгон ыкма келтирилген жана ачык Эйлер ыкмасынын вариациялык формуласы менен салыштырылган.

Түйүндүү сөздөр: позициялык динамика, катуу заттар, суюктук, кыймылдын теңдемеси, чектөө системасы.

В данной работе описывается базовая концепция позиционной динамики. Методы, основанные на позиции, изначально были разработаны для моделирования твердых тел. Исследования последних публикаций показали, что они могут использоваться для моделирования жидкостей и сочлененных твердых тел. Классические методы моделирования динамики формулируют изменение импульса системы как функция приложенных сил и определяя изменения положения системы путем численного интегрирования ускорений и скоростей. Вместо этого подходы, основанные на позиции, вычисляют позиции напрямую на основе решения квазистатической задачи. Основная идея и алгоритм моделирования заключается в решении системы ограничений, которая позволяет описать моделируемый объект. Ограничения выражены в виде уравнений и неравенств, ограничивающие относительное движение тел. Представляется подход к численному решению уравнения движения и сравнивается с вариационной формулировкой неявного метода Эйлера.

Ключевые слова: позиционная динамика, твердые тела, жидкость, уравнение движения, система ограничений.

This paper describes the basic concept of positional dynamics. Position Based Dynamics methods were originally developed for modeling rigid bodies. Recent studies have shown that they can be used to model fluids and articulated rigid bodies. Classical dynamics modeling methods formulate the change in momentum of a system as a function of applied forces and determine the changes in position of the system by numerically integrating accelerations and velocities. Instead, position-based approaches compute positions directly by solving a quasi-static problem. The basic idea and algorithm for modeling is to solve a system of constraints that allows one to describe the modeled object. The constraints are expressed as equations and inequalities that restrict the relative motion of the bodies. An approach to the numerical solution of the equation of motion is presented and compared with a variational formulation of the implicit Euler method.

Keywords: Position Based Dynamics, rigid bodies, fluid, equation of motion, constraint system.

В последние годы методы позиционного моделирования стали популярными в области моделирования движения твердых масс.

Моделирование твердых объектов, таких как твердые тела, мягкие тела или ткань была важной и активной темой исследований в области компьютерной графики на протяжении более 30 лет. Обзор подобных работ был представлен Terzopoulos D. и др. в конце восьмидесятых годов [1]. Существует множество обзорных статей [2,3,4], которые отражают это развитие.

В данной работе анализ основывается на специальном методе моделирования, а именно на позиционном подходе [5]. Этот метод изначально был разработан для моделирования твердых тел. Однако, некоторые недавние работы показали, что концепции, основанные на позиционном подходе, может также использоваться для моделирования жидкостей и геле подобных тел. Классические методы моделирования динамики формулируют изменение импульса системы как функции приложенных сил и определяя изменения положений путем численного интегрирования ускорений и скоростей. Вместо этого подход, основанные на позиционной информации, вычисляют позиции объекта напрямую на основе решения квазистатической задачи.

Методы, основанные на позиции объекта, специально разработаны для использования в интерактивных средах. Они обеспечивают высокий уровень контроля и стабильны даже при использовании простых и быстрых явных схем интегрирования по времени. Благодаря своей простоте, надежности и скорости эти подходы в последнее время стали очень популярны в компьютерной графике.

В данной работе мы сосредоточимся на методе моделирования на основе позиции, который исключает вычисления скорости и ускорения, а напрямую рассматривает изменение позиции объектов.

1 Основа метода позиционной динамики (PBD).

Основная идея и алгоритм моделирования PBD заключается в том, чтобы сосредоточить особое внимание на том, как решить систему ограничений, которая позволяет описать моделируемый объект [5,6].

Объекты, подлежащие моделированию, представляются набором из N частиц и M ограничений. Для каждого ограничения вводится параметр жесткости k , который определяет силу ограничения и принимает значения в диапазоне от нуля до единицы [7]. Это дает исследователю больше возможностей для моделирования эластичности твердого тела.

Поскольку моделируется система, являющаяся уравнениями второго порядка по времени, необходимо иметь значения пространственных координат и скорости частиц до начала цикла моделирования. Далее выполняется симплектический алгоритма Эйлера для определения скорости и положения частиц. Новые координаты частиц p_i не являются

окончательными позициями, а используются только в качестве прогнозируемых величин. Непостоянные внешние ограничения, такие как ограничения столкновений частиц, генерируются в начале каждого временного шага. Далее, действительная и предсказанная позиции используются для обнаружения непрерывных столкновений частиц. Дальнейшие вычисления итеративно корректируют предсказанные значения координат частиц так, чтобы они удовлетворяли внешним требованиям, а также внутренним требованиям ограничения. Наконец, скорректированные значения позиции p_i используются для обновления значений положения и скорости. В данном случае крайне важно обновлять скорости одновременно с положениями. Если этого не сделать, то вычисления не обеспечат правильного поведения системы второго порядка.

1.1 Уравнения движения.

Каждая частица i имеет три атрибута, а именно - массу m_i , ее положение x_i и скорость v_i . Уравнение движения частицы, согласно второму закону Ньютона, имеет вид:

$$\dot{v} = \frac{1}{m_i} f_i \quad (1.1)$$

где f_i — сумма всех сил, действующих на частицу i . Отношение между \dot{x} и v описывается кинематической зависимостью скорости:

$$\dot{x}_i = v_i \quad (1.2)$$

Хотя частицы имеют только три поступательные степени свободы, у твердых тел также есть три вращательные степени свободы. Следовательно, твердое тело требует дополнительные атрибуты, а именно тензора инерции I_i его ориентация, которая обычно представлена единичным кватернионом q_i , а его угловая скорость ω_i . Для твердого тела вообще локальная система координат выбрана так, что ее начало находится в центре масс тела, а ее оси ориентированы так, что тензор инерции становится диагональным в местной координате.

Второй закон Ньютона на самом деле применим только к частицам. Рассматривая твердые тела как совокупность бесконечного числа частиц, Эйлер распространил этот закон на случай твердых тел. Поэтому уравнения движения твердых тел также известны как уравнения Ньютона-Эйлера. Уравнение движения вращающейся части твердого тела выглядят:

$$\tilde{\omega}_i = I_i^{-1} \left(\tau_i - (\varpi_i \times (I_i \varpi_i)) \right) \quad (1.3)$$

где τ_i — сумма всех моментов. Момент может быть простым моментом или результатом силы $\tau = (p - x) \times f$, если сила f действует в точке p , а x является центром масс тела. Скорость связана кинематической связью для вращающегося тела следующим выражением:

$$\dot{q}_i = \frac{1}{2} \tilde{\omega}_i q_i \quad (1.4)$$

где ω_i есть кватернион $[0, \omega_i^x, \omega_i^y, \omega_i^z]$.

1.2 Интегрирование по времени.

Процесс моделирования для свободной частицы или твердого тела выполняется путем численного интегрирования уравнений (1)–(2) или уравнений (1) - (4) соответственно. Самый популярный метод интегрирования в области позиционной динамики является симплектический метод Эйлера, как приведено ниже.

В отличие от известного явного метода Эйлера, симплектический метод Эйлера использует скорость в момент времени $t_0 + \Delta t$ вместо времени t_0 для интегрирования вектора в пространстве. Тогда интегрирование по времени для частицы будет осуществляться по следующим уравнениям:

$$\mathbf{v}_i(t_0 + \Delta t) = \mathbf{v}_i(t_0) + \Delta t \frac{1}{m_i} \mathbf{f}_i(t_0)$$

$$\mathbf{x}_i(t_0 + \Delta t) = \mathbf{x}_i(t_0) + \Delta t \mathbf{v}_i(t_0 + \Delta t).$$

В случае твердого тела также должны быть использованы уравнения (3) и (4). Используя симплектический метод Эйлера, получается:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\omega}_i(t_0 + \Delta t) &= \boldsymbol{\omega}_i(t_0) + \Delta t \mathbf{I}_i^{-1}(t_0) \cdot \\ &\quad (\boldsymbol{\tau}_i(t_0) - (\boldsymbol{\omega}_i(t_0) \times (\mathbf{I}_i(t_0) \boldsymbol{\omega}_i(t_0)))) \\ \mathbf{q}(t_0 + \Delta t) &= \mathbf{q}(t_0) + \Delta t \frac{1}{2} \tilde{\boldsymbol{\omega}}_i(t_0 + \Delta t) \mathbf{q}_i(t_0). \end{aligned}$$

Отметим, что из-за численных ошибок условие $\|\mathbf{q}\|=1$, которое должно удовлетворяться кватернионом, представляющим вращение, может нарушаться после интегрирования. Следовательно, кватернион должен быть нормализован после каждого шага интегрирования по времени.

Симплектический метод Эйлера является интегратором первого порядка и используется в вычислительном алгоритме только для шага прогнозирования. В позиционной динамике (PBD), силы ограничений интегрируются неявно.

1.3 Ограничения.

Ограничения – это кинематические ограничения, выраженные в виде уравнений и неравенств, ограничивающие относительное движение тел. Ограничения, выраженные равенствами, называются двусторонними, а выраженные неравенствами – односторонними. Как правило, ограничения являются функциями переменных положения и ориентации, линейной и угловой скорости и их производных высшего порядка. Однако в методе позиционного моделирования учитывают только ограничения, которые зависят от пространственных координат и в случае твердого тела от ориентации в пространстве. Следовательно, двустороннее ограничение определяется функцией:

$$C(\mathbf{x}_{i_1}, \mathbf{q}_{i_1}, \dots, \mathbf{x}_{i_{n_j}}, \mathbf{q}_{i_{n_j}}) = 0,$$

а одностороннее ограничение функцией:

$$C(\mathbf{x}_{i_1}, \mathbf{q}_{i_1}, \dots, \mathbf{x}_{i_{n_j}}, \mathbf{q}_{i_{n_j}}) \geq 0,$$

где $\{i_1, \dots, i_{n_j}\}$ — набор индексов тела, а n_j — число аргументов в условии

ограничения. Обычно ограничения, используемые в позиционной динамике (PBD), зависят только от пространственных переменных и времени, но не от скоростей. Такие ограничения называются голономными.

Поскольку ограничения являются кинематическими ограничениями, они также влияют на динамику. Классические методы вычисления в первую очередь определяют силы для моделирования динамической системы с ограничениями. Это делается, например, определяя потенциальную энергию $E = k/2 * C^2$ и выражая силы как $\mathbf{f} = -\nabla E$ (мягкое ограничение) или через множители Лагранжа, полученные из ограничений динамики (жесткие ограничения) [6]. В отличие от этого подход, основанный на пространственном положении, непосредственно определяет положение тела и его ориентацию, чтобы удовлетворить всем предъявленным ограничениям.

1.4 Решение уравнений ограничения.

В методике позиционной динамики (PBD) используется нелинейный метод Гаусса-Зейделя. Решается каждое уравнение ограничения самостоятельно. Каждое ограничение представляет собой одно скалярное уравнение $C(\mathbf{x}) = 0$ для всех частиц, связанных с рассматриваемыми частицами. Таким образом, составленная система сильно не доопределена. Данная проблема решается следующим образом. Согласно полученным

значениям положения частиц x , пытаемся найти поправки Δx такие, чтобы выполнялось уравнение ограничения $C(x + \Delta x) \succ 0$. Нелинейное в общем случае уравнение ограничения линеаризуется с помощью разложения Тэйлора вблизи некоторой точки X , но индивидуально для каждого ограничения. Сохраняя первые члены разложения Тэйлора уравнения связи аппроксимируется выражением:

$$C(x + \Delta x) \approx C(x) + \nabla C(x) \cdot \nabla x \succ 0 \quad (1.5)$$

Проблема неопределённости системы решается путем ограничения Δx в направлении ∇C , что также является требованием сохранения линейного и углового момента. Это означает, что нужно найти только один скаляр λ - множитель Лагранжа – такой чтобы выполнялось соотношение:

$$\Delta x = \lambda M^{-1} \nabla C(x)^T \quad (1.6)$$

Что является решением уравнения (1.5), где $M = \text{diag}(m_1; m_2; \dots; m_N)$, представляющая массы частиц. Что приводит к формуле для вектора поправки отдельной частицы:

$$\Delta x_i = -\lambda w_i \nabla_{x_i} C(x)^T, \quad (1.7)$$

где

$$\lambda = \frac{C(x)}{\sum_j w_j |\nabla_{x_j} C(x)|^2}, \quad (1.8)$$

где $w_i = 1/m_i$. Сформулировав для объединенного вектора x всех позиций, мы получаем

$$\lambda = \frac{C(x)}{\nabla C(x) M^{-1} \nabla C(x)^T} \quad (1.9)$$

Как упоминалось выше, для того чтобы получить решение необходимо произвести линеаризацию функции ограничений. Линеаризация происходит индивидуально для каждого ограничения. Важно отметить, что линеаризация не влияет на ограничение отдельного пространственного расстояния. Это потому, что, несмотря на нелинейность в глобальном масштабе ограничение расстояния линейно вдоль градиента ограничения, который является направлением поиска. Это верно для других ограничений, а также ограничение тетраэдрического объема. Ограничения такого типа могут быть решены непосредственно в течение одного итеративного шага. Поскольку положения точек обновляются сразу после того, как обрабатывается ограничение, эти обновления будут влиять на линеаризацию следующего ограничения, поскольку линеаризация зависит от реальных расположений точек. Асимметрия влияния не представляет собой проблемы, поскольку каждое ограничение дает одно скалярное уравнение для одного неизвестного множителя Лагранжа. Неравенства обрабатываются тривиально, сначала проверяется, является ли ограничение больше нуля $C(x) \geq 0$. Если это так, ограничение просто пропускается.

Тот факт, что каждое ограничение линеаризуется индивидуально перед его применением делает решение более стабильным, чем глобальный подход, когда в линеаризации уравнения ограничений сохраняются фиксированными координаты для получения глобального решения итерации Ньютона.

Ограничения могут иметь некоторую жесткость k . Есть несколько способов его включения. Самый простой вариант умножить поправки Δx на множитель k который находится в интервале $[0-1]$. Однако для нескольких циклов итерации при решении воздействие множителя k является нелинейным. Остаточная ошибка для одного ограничения расстояния после n_s итераций при решении оказывается равна $\Delta x (1 - k)^{n_s}$. Чтобы получить линейную зависимость, умножаем поправки не прямо на множитель k , а на множитель $k' = 1 - (1 - k)^{1/n_s}$. При такой модификации ошибка становится $\Delta x (1 - k')^{1/n_s} = \Delta x (1 - k)$ и, таким образом, становится линейно зависимым от k и независимым от количества итераций

n_s что и требовалось получить. Однако, результирующая жесткость материала по-прежнему зависит от временного шага при моделировании. Исследователи обычно используют фиксированные временные шаги, и в этом случае зависимость от количества итераций не будет проблематичной.

Выводы:

1. В данной работе изучено моделирование, основанное на позиционных подходах. Даны общие идеи позиционных методов и приведены несколько конкретных ограничений.
2. Методы позиционной динамики являются быстрыми, простыми в реализации и легко контролируемые методами. Кроме того, данный метод позволяет избежать проблем перерегулирования силовых моделей при использовании явного интегрирования по времени.
3. Метод может обрабатывать произвольные двусторонние и односторонние ограничения, если градиент функции ограничения может быть определен. Таким образом, этот метод очень гибок и уже использовался для моделирования ткани, деформируемых твердых тел и жидкостей.
4. Однако позиционная динамика имеет и некоторые недостатки. Жесткость модели зависит не только от заданных пользователем параметра жесткости, но также от размера временного шага и количества итерации решателя. Хотя зависимость можно уменьшить, как описано выше, ее нельзя полностью устранить. Оптимизация этих параметров, а также адаптивный шаг по времени являются открытыми проблемами и важными темами для будущих работ.

Список литературы

1. Terzopoulos, D., Platt J., Barr A., Fleischer K.: Elastically deformable models. In Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (1987), SIGGRAPH 87, ACM, pp. 205–214.
2. Gibson, S. F., Mirtich B.: A survey of deformable modeling in computer graphics. Tech. Rep. TR-97-19, Mitsubishi Electric Research Lab., 1997.
3. Nealen, A., Müller M., Keiser R., Boxerman E., Carlson M.: Physically based deformable models in computer graphics. Computer Graphics Forum 25, 4 (December 2006), 809–836.
4. Bender, J., Erleben K., Trinkle J.: Interactive simulation of rigid body dynamics in computer graphics. Computer Graphics Forum 33, 1 (2014), 246–270.
5. Bender, J., Müller M., Otaduy M. A., Teschner M., Macklin M.: A survey on position-based simulation methods in computer graphics. Computer Graphics Forum 33, 6 (2014), 228–251.
6. Witkin, A.: An introduction to physically based modeling: Constrained dynamics, 1997.
7. Müller, M., Heidelberger B., Hennix M., Ratcliff J.: Position based dynamics. Journal of Visual Communication and Image Representation 18, 2 (2007), 109–118.

Н.Ж. Жусуева, А.А.Конкин

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

N.J. Jusueva, A.A. Konkin

KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
temakonkin@gmail.com

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА УРОВНЯ
ЗАГРУЖЕННОСТИ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ГРАФОВ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ И НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ЛАЙТХИЛЛА-УИЗЕМА-РИЧАРДСА**

**ГРАФИКТЕРГЕ, ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕНДЕМЕЛЕРГЕ ЖАНА
ЛАЙТХИЛЛ-УИЗЕМ-РИЧАРДС ТЕОРИЯСЫНА НЕГИЗДЕЛГЕН ТРАФИКТИН
ДЕҢГЭЭЛИН ТАЛДОО ЖАНА ЭСЕПТӨӨ ҮЧҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛ**

**A MATHEMATICAL MODEL FOR ANALYZING AND CALCULATING TRAFFIC
LEVELS BASED ON GRAPHS, DIFFERENTIAL EQUATIONS, AND THE LIGHTHILL-
WITHAM-RICHARDS THEORY**

Бул илимий макалада кыска аралыктардын (дифференциалдык) ортосундагы белгилүү бир учурда, берилген убакыт сегментинде жол кыймылын эсептөөнүн натыйжасы болгон маалыматтардын ырааттуулугу катары топтомду түзүүгө арналган динамикалык математикалык модель каралат. Трафиктин жыйынтыгын эсептөө үчүн кесилиштер, светофорлор, жолдордогу кыймылдын багыты жана кыймылдын ар бир багыты боюнча тилкелердин өзгөрүлмө саны эске алынат [2]. Эң так моделди куруу үчүн гибридик (микроскопиялык жана макроскопиялык аралашма) ыкма колдонулат. Бул макаланын үстүндө иштөөдөн алынган Модель жол кыймылын талдоо үчүн колдонулушу мүмкүн, ошондой эле математикага негизделген эсептөөлөр менен же берилген моделдин эсептөөлөрүнүн натыйжасында үйрөтүлгөн нейрон тармагын колдонуу менен жол кыймылын симуляциялоого негизделген светофорлорду автоматташтырылган жөнгө салуу үчүн колдонулушу мүмкүн. Мисал катары, жолдордогу трафиктин өзгөрүшүн эсептөөнүн натыйжасында алынган көптөгөн маалыматтарды чогултууну уюштурса болот-андан кийин алынган маалыматтардын чоң көлөмүндө жол тармагында автомобиль транспортунун агымынын тыгыздыгын азайтуу үчүн светофорлордун убактысын көзөмөлдөй турган нейрон тармагы үйрөтүлөт[2][3].

Түйүндүү сөздөр: тыгын, жол, жол тармагы, графиктер, математикалык модель, светофорлор, микроскопиялык моделдөө, макроскопиялык моделдөө, Лайтхилл-Уизем-Ричардс теңдемеси, гибридик математикалык модель, дифференциация, көптүктөр, АТС.

В данной научной статье рассматривается динамическая математическая модель, предназначенная для формирования множества в виде последовательности данных, которые являются результатом вычисления загруженности дорог на заданном отрезке времени, в конкретный момент между короткими промежутками (дифференциально). Для вычисления результатов загруженности учитываются перекрестки, светофоры, направление движения на дорогах и переменное количество полос по каждому направлению движения [2].

Для построения наиболее точной модели используется гибридный (смесь микроскопического и макроскопического) подход. Модель, полученная в результате работы над данной статьёй, может использоваться для анализа загруженности дорог, а также

может использоваться для автоматизированного регулирования светофоров на базе имитации движения с расчетами на основе математики или с использованием нейронной сети, обученной на результатах вычислений данной модели. На пример можно организовать сбор большого количества данных, полученных в результате вычисления изменения загруженности на дорогах – после чего на большом объеме полученных данных обучить нейронную сеть, которая могла бы контролировать время сигналов светофоров для уменьшения плотности потока автомобильных транспортных средств (АТС) в дорожной сети [2][3].

Ключевые слова: загруженность, дороги, дорожная сеть, графы, математическая модель, светофоры, микроскопическое моделирование, макроскопическое моделирование, уравнение Лайтхилла-Уизема-Ричардса, гибридная математическая модель, дифференцирование, множества, АТС.

This scientific article examines a dynamic mathematical model designed to generate a set in the form of a sequence of data that is the result of calculating traffic congestion over a given period, at a specific moment between short intervals (differentially). To calculate the congestion results, intersections, traffic lights, the direction of traffic on the roads, and the variable number of lanes in each direction of traffic are considered [2].

To build the most accurate model, a hybrid (a mixture of microscopic and macroscopic) approach is used. The model obtained because of working on this article can be used to analyze traffic congestion and can also be used for automated traffic light control based on simulated traffic with mathematical calculations or using a neural network trained on the results of calculations of this model. For example, you can collect a large amount of data obtained because of calculating traffic congestion changes. After that, a neural network can be trained on a large amount of data obtained, which could control the timing of traffic lights to reduce the traffic density of motor vehicles (PBX) in the road network [2][3].

Key words: congestion, roads, road network, graphs, mathematical model, traffic lights, microscopic modeling, macroscopic modeling, Lighthill-Witham-Richard's equation, hybrid mathematical model, differentiation, sets, PBX.

Введение. Для того чтобы понять проблему, рассматриваемую в данной статье, нужно немного разобраться в термине «урбанизации». Часть понятия «урбанизации», используемая в данной статье – это зависимость увеличения количества жителей в городах и увеличение качества жизни городского жителя на проблему заторов на дорогах(пробок). Пробки – это неизбежное следствие того, что жителей в городе, который был рассчитан на определенное количество становится значительно больше, чем был изначальный расчет вместимости дорог, их уровня пропускной способности, качества дорожного покрытия, и конечно же количества АТС на каждого жителя города. В часы пик проблема становится особенно ярко выраженной, и приобретает характер критической массы, которую условно характеризуют баллами (н. «Пробки в Бишкеке сегодня вечером достигли 9 баллов.»). Собственно коэффициент загруженности дорог относительно того, когда они стабильны и является условным уровнем пробок, который не является точной оценкой происходящего на дорогах, а скорее является условным обозначением того, что происходит прямо сейчас.

Невозможно абсолютно достоверно прогнозировать пробки, так как на их появление влияет огромное количество достаточно случайных событий, которые невозможно предвидеть заранее – это аварии на дорогах, случайный человеческий фактор, преднамеренное и случайное нарушение правил дорожного движения, пренебрежение водительской этикой... и многое другое.

Решением может стать не прогнозирование пробок для их превентивного решения – а работа с реальной ситуацией на дороге, для реагирования на коллапсы в реальном времени. Именно для того, чтобы построить автоматизированные системы регулирования дорожного движения и системы реагирования на заторы - служит представленная в статье модель,

которая сочетает в себе смесь нескольких подходов к моделированию для обеспечения наибольшей точности результирующих данных.

На каждом этапе данной модели – микроскопической и макроскопической решается отдельная задача по вычислению конкретного результата. В итоге мы получаем механизм, которым является понятная и многофункциональная модель для исследования зависимости уровня загруженности дорог от пропускной способности дорог, времени действия сигналов светофоров, скорости потока АТС и его плотности [2][3].

Постановка задачи. Для построения сети дорог и перекрестков будем использовать граф $G = (V, E)$ – в котором дорога связывает два перекрестка между собой. Два перекрестка служат началом дороги и концом дороги. Объединённые во множество связей множества будут образовывать схему проездов – вероятнее всего в виде прямоугольных кварталов, по углам которых находятся перекрестки, а по граням проходят дороги [1].

где:

- V — множество перекрестков (вершин).

- E — множество дорог (ребер).

Каждая дорога $e \in E$ может быть описана при помощи набора характеристик:

- Направление движения АТС на дорогах (прямое и встречное).

- Количество доступных для проезда полос L_e в каждом направлении

- Длина дорожного полотна D_e от перекрестка к перекрестку

- Пропускная способность $C_e = L_e \cdot C_0$, где C_0 — пропускная способность одной полосы.

У каждого перекрестка $v \in V$ есть светофор, который работает в циклическом режиме, по фазам:

где:

- Зеленый сигнал светофора: $T_{v,green}$.

- Желтый сигнал светофора: $T_{v,yellow}$.

- Красный сигнал светофора: $T_{v,red}$.

Цель разрабатываемой математической модели — сформировать граф из перекрестков, которые связаны дорогами, моделировать светофоры, добавить очередь АТС на дорогах и имитировать пропускную способность. Далее – определить загруженность и изменение загруженности с течением времени [3]

Математическая модель. Микроскопическая модель (перекрестки)

Первая часть гибридной модели, описываемой в данной статье, строится на описании поведения АТС и уровня очереди АТС, стоящих перед перекрестками. Поведение рассчитывается на основе правил, по которым водители принимают то или иное решение на тот или иной сигнал светофора – на пример на зеленый ехать, на желтый быть осторожным и заканчивать маневр, а на красный остановиться и не ехать.

Для каждого АТС задаётся:

- Скорость $v_i(t)$.

- Ускорение $a_i(t)$.

- Положение $x_i(t)$.

Поведение АТС зависит от текущего состояния светофора $S_v(t)$ на перекрестке:

где:

Зеленый:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = v_i(t), \quad \frac{dv_i(t)}{dt} = a_i(t).$$

Желтый:

$$\frac{dv_i(t)}{dt} = -a_{dec}.$$

Красный:

$$v_i(t) = 0, \quad x_i(t) = x_{stop}.$$

Очередь АТС на дороге $Q_e(t)$ которая формируется на каждом подходе к перекрестку:

$$Q_e(t + \Delta t) = Q_e(t) + \lambda_e(t) \cdot \Delta t - \mu_e(t) \cdot \Delta t,$$

где:

$\lambda_e(t)$ — интенсивность потока АТС в момент времени t .

$\mu_e(t) = C_e \cdot \alpha_e(t)$ — количество АТС, покидающих перекресток в момент времени t .

Макроскопическая модель (дороги). Макроскопическая модель – это вторая часть гибридной модели в контексте данной статьи, которая описывает потоки АТС на дорогах и перекрестках при помощи уравнения Лайтхилла-Уизема-Ричардса (LWR):[3]

$$\frac{\partial \rho_e(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_e(t, x) \cdot v_e(t, x))}{\partial x} = 0,$$

где:

$\rho_e(t, x)$ — плотность потока.

$v_e(t, x)$ — скорость потока.

Плотность потока АТС на входе в перекресток описывается формулой:

$$\rho_e(t, 0) = \frac{Q_e(t)}{D_e}.$$

Теория Ричардса. Теория Ричардса, используемая в данной статье, и предложенная Полом Ричардсом в 1956 году, является развитием математической модели Лайтхилла-Уизема (LWR). Расширенная модель Ричардса направлена на более детальное и точное описание транспортных потоков, а также включает новый термин - образование и распространение ударных волн, которые происходят в условиях высокой плотности дорожного трафика.

Новое понятие "ударных волн" в дополнении теории Ричардса, в контексте решения задачи с моделированием транспортных потоков, позволило более точно имитировать пробки и их динамику на определенном дифференцируемом промежутке времени, в условиях наиболее приближенным к реальной ситуации на дорогах – когда нарастание трафика происходит не постоянно и в определенных условиях[3].

Основные положения в теории Ричардса. *Ударные волны в транспортных потоках.*

Ударные волны возникают при резком изменении плотности потока, например, при внезапном торможении или остановке транспортных средств. Ричардс показал, что такие волны могут распространяться по дороге, вызывая пробки.

Теория Ричардса является важным дополнением к модели Лайтхилла-Уизема (LWR) и позволяет более точно описывать транспортные потоки, особенно в условиях высокой плотности трафика. Её применение позволяет анализировать загруженность дорог, оптимизировать работу светофоров и уменьшать заторы [3].

Уравнение Ричардса.

Ричардс расширил уравнение LWR, добавив в него описание ударных волн, в итоге уравнение Лайтхилла-Уизема-Ричардса приняло вид:[3]

$$\frac{\partial \rho(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho(t, x) \cdot v(t, x))}{\partial x} = 0,$$

где:

$\rho(t, x)$ — плотность потока.

$v(t, x)$ — скорость потока.

Скорость ударных волн. Скорость распространения ударных волн с определяется как:

$$c = \frac{q_2 - q_1}{\rho_2 - \rho_1},$$

где:

q_1, q_2 — потоки до и после ударной волны.

ρ_1, ρ_2 — плотности до и после ударной волны.

В результате Ричардсу удалось подтвердить связь потока АТС между скоростью потока, его плотностью, которая выражается в изменении плотности потока со временем t на конкретном x участке дороги.

В итоге доказывается, что во время достижения критической массы потока ρ_c сам уровень потока достигает максимума, и что дальнейшее увеличение плотности потока приводит к снижению уровня потока и скорости потока (превышение критической массы потока на дороге вызывает пробки). Обобщенно можно сказать – что если плотность критической массы достигает своего максимума – то скорость АТС на дорогах замедляется и количество АТС, которые могут проехать, тоже уменьшается [3].

Численная модель

Для реализации численной модели мы будем использовать метода Эйлера как способ решения дифференциальных уравнения. Для решения мы приведем в дискретный вид уравнения микроскопической и макроскопической моделей.

Метод Эйлера — это простейший используемый нами в данной числовой модели численный метод для решения дифференциальных уравнений, который позволит нам моделировать ситуацию с дифференцированием результатов уравнения Ричардса для конкретного Δt промежутка времени.[4][5]

Микроскопическая модель (перекрестки)

Приводим уравнения движения АТС в дискретный вид

Предположим, что для каждого АТС i на дороге e : - Положение $x_i(t)$ и скорость $v_i(t)$ обновляются с шагом времени равным Δt в зависимости от состояния светофора $S_v(t)$.

Зеленый сигнал:

$$\begin{aligned} x_i(t + \Delta t) &= x_i(t) + v_i(t) \cdot \Delta t, \\ v_i(t + \Delta t) &= v_i(t) + a_i(t) \cdot \Delta t. \end{aligned}$$

Желтый сигнал:

$$v_i(t + \Delta t) = v_i(t) - a_{\text{dec}} \cdot \Delta t,$$

где:

a_{dec} — замедление АТС.

Красный сигнал:

$$\begin{aligned} v_i(t + \Delta t) &= 0, \\ x_i(t + \Delta t) &= x_{\text{stop}}, \end{aligned}$$

где:

x_{stop} — положение остановки перед перекрестком.

Формируем выражения для вычисления очереди на дорогах. Для вычисления очереди на дорогах воспользуемся так же временным промежутком для расчётов. В итоге наша очередь $Q_e(t)$ на дороге e вычисляется для момента времени Δt по следующей формуле:

$$Q_e(t + \Delta t) = Q_e(t) + \lambda_e(t) \cdot \Delta t - \mu_e(t) \cdot \Delta t,$$

где:

$\lambda_e(t)$ — интенсивность потока АТС (количество АТС, прибывающих на дорогу за единицу времени),

$\mu_e(t) = C_e \cdot \alpha_e(t)$ — количество АТС, покидающих перекресток за единицу времени,

$C_e = L_e \cdot C_0$ — пропускная способность дороги,
 $\alpha_e(t)$ — доля времени, в течение которого светофор разрешает движение.

Макроскопическая модель (плотность потока).

Дискретное уравнение Лайтхилла-Уизема-Ричардса (LWR)

Уравнение LWR в данном случае — это дискретное уравнение, в котором плотность потока $\rho_e(t, x)$ а также скорость потока $v_e(t, x)$ обновляются на каждом временном шаге Δt и шаге в пространстве Δx : [3][5]

$$\rho_e(t + \Delta t, x) = \rho_e(t, x) - \frac{\Delta t}{\Delta x} (\rho_e(t, x + \Delta x) \cdot v_e(t, x + \Delta x) - \rho_e(t, x) \cdot v_e(t, x)).$$

где:

$\rho_e(t, x)$ — плотность потока АТС на дороге e в момент времени t и в точке x (количество АТС на единицу длины).

$v_e(t, x)$ — скорость АТС на дороге e в момент времени t и в точке x .

Δt — шаг по времени.

Δx — шаг по пространству (длина отрезка дороги).

Формула описывает, как в нашем случае будет меняться плотность потока $\rho_e(t, x)$ за время Δt в конкретной точке x . И данная формула учитывает в том числе следующие два пункта:

- Приток АТС из соседнего участка дороги $x + \Delta x$.

- Отток АТС на текущем участке дороги x .

Плотность потока на входе в перекресток будем рассчитывать формулой

$$\rho_e(t, 0) = \frac{Q_e(t)}{D_e},$$

где D_e — длина дороги e .

Пример численного расчета уравнения (LWR):

Исходные данные

$\rho_e(t, x) = 10$ АТС/км (плотность на участке x в момент t).

$\rho_e(t, x + \Delta x) = 12$ АТС/км (плотность на соседнем участке $x + \Delta x$ в момент t).

$v_e(t, x) = 60$ км/ч (скорость на участке x в момент t).

$v_e(t, x + \Delta x) = 50$ км/ч (скорость на соседнем участке $x + \Delta x$ в момент t).

$\Delta t = 1$ час.

$\Delta x = 1$ км.

Вычисление потоков

Входящий поток: $\rho_e(t, x + \Delta x) \cdot v_e(t, x + \Delta x) = 12 \cdot 50 = 600$ АТС/ч.

Выходящий поток: $\rho_e(t, x) \cdot v_e(t, x) = 10 \cdot 60 = 600$ АТС/ч.

Разность потоков

$$600 - 600 = 0.$$

Обновление плотности

$$\rho_e(t + \Delta t, x) = 10 - \frac{1}{1} \cdot 0 = 10 \text{ АТС/км.}$$

Реализация (LWR) методом Эйлера

Для решения дифференциальных уравнений используется простейший численный метод – метод Эйлера. Для решения уравнения LWR методом Эйлера нужно разбить время

на мелкие дискретные шаги t времени для фиксирования изменений плотности потока АТС $\rho_e(t, x)$ на дороге.[3][5]

Уравнение LWR имеет вид:

$$\frac{\partial \rho_e(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_e(t, x) \cdot v_e(t, x))}{\partial x} = 0,$$

где:

∂ — частная производная (зависит от нескольких переменных в отличие от дифференциала)

$\rho_e(t, x)$ — плотность потока АТС (количество АТС на единицу длины)

$v_e(t, x)$ — скорость АТС

t — время

x — пространственная координата (положение на дороге)

Для приведения уравнения LWR в дискретный вид нужно:

1. Время t и пространство x разбить на дискретные шаги:

- Временной шаг: Δt

- Пространственный шаг: Δx

2. Производные заменить разностными отношениями

Вариант расчета 1:

Шаги реализации

1. Приведение в дискретный вид по времени и пространству

Время: $t_n = n \cdot \Delta t$, где $n = 0, 1, 2, \dots$,

Пространство: $x_k = k \cdot \Delta x$, где $k = 0, 1, 2, \dots$

2. Аппроксимация (упрощение) производных

Временная производная:

$$\frac{\partial \rho_e(t, x)}{\partial t} \approx \frac{\rho_e(t_{n+1}, x_k) - \rho_e(t_n, x_k)}{\Delta t}.$$

Пространственная производная:

$$\frac{\partial (\rho_e(t, x) \cdot v_e(t, x))}{\partial x} \approx \frac{(\rho_e(t_n, x_{k+1}) \cdot v_e(t_n, x_{k+1})) - (\rho_e(t_n, x_k) \cdot v_e(t_n, x_k))}{\Delta x}.$$

3. Подстановка в уравнение LWR

Подставляем аппроксимации (упрощенные варианты временных и пространственных производных) в уравнение LWR:

$$\frac{\rho_e(t_{n+1}, x_k) - \rho_e(t_n, x_k)}{\Delta t} + \frac{(\rho_e(t_n, x_{k+1}) \cdot v_e(t_n, x_{k+1})) - (\rho_e(t_n, x_k) \cdot v_e(t_n, x_k))}{\Delta x} = 0.$$

4. Формируем итоговое выражение для решения $\rho_e(t_{n+1}, x_k)$

Решаем уравнение относительно $\rho_e(t_{n+1}, x_k)$ методом Эйлера:

$$\rho_e(t_{n+1}, x_k) = \rho_e(t_n, x_k) - \frac{\Delta t}{\Delta x} \left((\rho_e(t_n, x_{k+1}) \cdot v_e(t_n, x_{k+1})) - (\rho_e(t_n, x_k) \cdot v_e(t_n, x_k)) \right).$$

Алгоритм вычисления

Инициализация:

1. Задать начальные значения плотности $\rho_e(t_0, x_k)$ и скорости $v_e(t_0, x_k)$ для всех k .

Задать шаги Δt и Δx .

Цикл по времени:

Для каждого временного шага t_n :

Для каждого пространственного узла x_k :

2. Вычислить потоки:

$$F_{k+1} = \rho_e(t_n, x_{k+1}) \cdot v_e(t_n, x_{k+1}), \\ F_k = \rho_e(t_n, x_k) \cdot v_e(t_n, x_k).$$

3. Обновить плотность:

$$\rho_e(t_{n+1}, x_k) = \rho_e(t_n, x_k) - \frac{\Delta t}{\Delta x} (F_{k+1} - F_k).$$

4. На границах дороги ($k = 0$ и $k = N$) задать условия (например, плотность или поток).

5. Повторять шаги 2–3 для всех временных шагов.

Пример численного расчета

Исходные данные

Длина дороги: $L = 1$ км,

Шаг по пространству: $\Delta x = 0.1$ км,

Шаг по времени: $\Delta t = 0.01$ ч,

Начальная плотность: $\rho_e(t_0, x_k) = 10$ АТС/км для всех k ,

Скорость: $v_e(t_n, x_k) = 60$ км/ч для всех n и k .

Шаги расчета

1. Вычислить потоки:

$$F_{k+1} = 10 \cdot 60 = 600 \text{ АТС/ч}, \\ F_k = 10 \cdot 60 = 600 \text{ АТС/ч}.$$

2. Обновить плотность:

$$\rho_e(t_1, x_k) = 10 - \frac{0.01}{0.1} (600 - 600) = 10 \text{ АТС/км}.$$

Вариант расчета 2

Исходные данные

Множество перекрестков V и дорог E .

Характеристики дорог: L_e, D_e, C_0 .

Характеристики светофоров: $T_{v,\text{green}}, T_{v,\text{yellow}}, T_{v,\text{red}}$.

Начальные условия: $x_i(0), v_i(0), Q_e(0), \rho_e(0, x)$.

Алгоритм вычисления

Инициализация:

Задать начальные положения и скорости АТС.

Задать начальные очереди и плотности потока.

Цикл по времени t :

Для каждого перекрестка v :

Определить текущее состояние светофора $S_v(t)$.

Обновить скорости и положения АТС на дорогах, подходящих к перекрестку.

Обновить очереди $Q_e(t)$.

Для каждой дороги e :

Решить уравнение LWR методом Эйлера для обновления $\rho_e(t, x)$ и $v_e(t, x)$.

Параметры модели

Количество перекрестков: $N_v = 4$.

Количество дорог: $N_e = 4$.

Длина дорог: $D_e = 100$ м.

Количество полос: $L_e = 2$.

Пропускная способность одной полосы: $C_0 = 1$ АТС/сек.

Время цикла светофора: $T_v = 60$ сек (зеленый: 30 сек, желтый: 5 сек, красный: 25 сек).

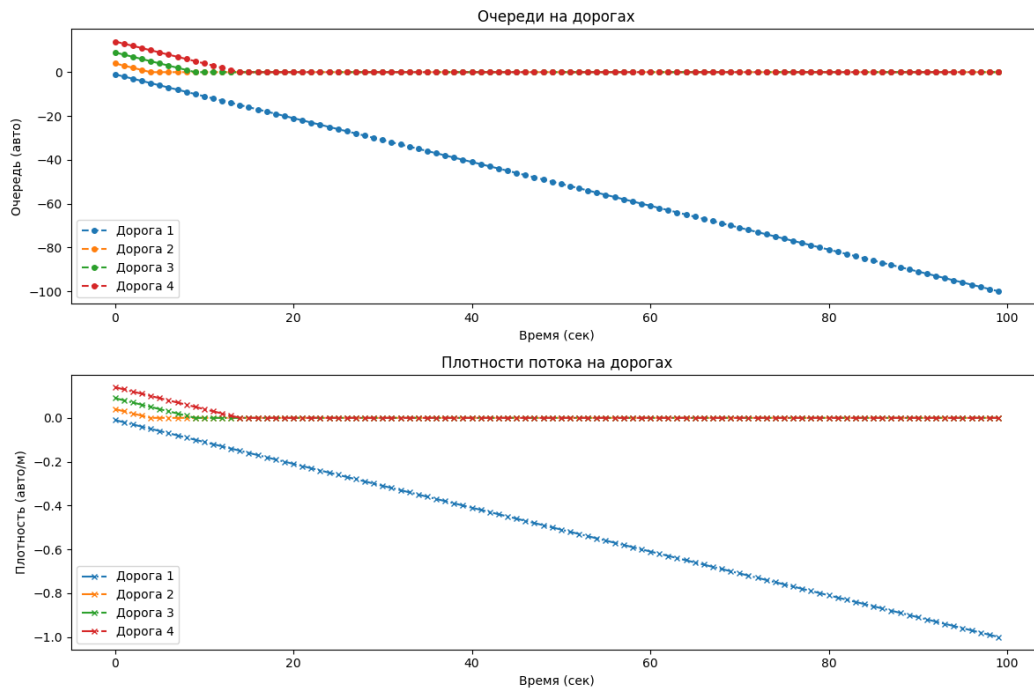
Временной шаг: $\Delta t = 1$ сек.

Пространственный шаг: $\Delta x = 10$ м.

Результаты численного моделирования

Загруженность дорог и перекрестков на каждом временном шаге.

Графики изменения очередей $Q_e(t)$ и плотностей $\rho_e(t, x)$.



Из графиков выше мы можем наблюдать, что очередь на первой дороге снижается по ходу работы цикла светофора в конкретный момент времени. По данному графику можно наглядно наблюдать, что очередь на дорогах зависит от плотности потока – высокая плотность потока порождает высокий уровень очереди. Если плотность потока растет больше 0 – то образуется положительное значение очереди на дорогах. Если очередь на дорогах превышает пропускную способность дороги – то, как следствие возникает накопительный эффект, приводящий к пробкам на дорогах, если плотность не снижается меньше 0 достаточно длительное время.

Модель ударных волн. Исходные данные модели:

Дорога длиной $D = 1$ км

Максимальная плотность $\rho_{\max} = 200$ АТС/км

Максимальная скорость $v_{\max} = 60$ км/ч.

Интенсивность потока на входе $\lambda(t) = 50$ АТС/час.

Плотность потока:

$$\rho(t, 0) = \frac{Q(t)}{D}.$$

Скорость потока:

$$v(t, x) = 60 \left(1 - \frac{\rho(t, x)}{200} \right).$$

Уравнение LWR:

$$\frac{\partial \rho(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho(t, x) \cdot v(t, x))}{\partial x} = 0.$$

Численная модель ударных волн:

Если плотность резко увеличивается с $\rho_1 = 50$ до $\rho_2 = 150$, то скорость ударной волны:

$$c = \frac{150 \cdot 30 - 50 \cdot 50}{150 - 50} = \frac{4500 - 2500}{100} = 20 \text{ км/ч.}$$

Заклучения. Предложенная математическая модель позволяет анализировать загруженность дорог с учетом работы светофоров и временной динамики, выраженной дифференцированием методом Эйлера формулы Ричардса в конкретный момент в течение определенного отрезка времени. Модель сочетает микроскопический и макроскопический подходы, что обеспечивает высокую точность и эффективность – так как гибридные модели позволяют гибко подойти к решению задачи, относительно моделей, которые поддерживают лишь один из подходов.

Результаты моделирования могут быть использованы для оптимизации работы светофоров, уменьшения заторов и повышения эффективности транспортной системы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на интеграцию модели с реальными данными, либо накопительной генераций последовательности данных, полученных в рамках численной модели, а также на разработку алгоритмов оптимизации работы светофоров на основе предложенной модели.

Примером использования данной математической модели может служить разработка программного обеспечения для формирования графа дорог и перекрестков. После того как будет сформирован граф запускается симуляция, во время которой будет изменяться уровень загруженности дорог, сигналы светофоров, плотность и скорость потоков, моделироваться ситуации, во время которых возникают ударные волны и поток достигая критической массы начинает создавать пробки. Результаты вычислений модели сохраняются в базе данных, на которой в последующем обучается нейронная сеть, которая учится контролировать время сигналов светофоров на графе дорог для уменьшения нарастания критической массы потока и снижения пробок до уровня ниже предела пропускной способности.

Список литературы

1. Лекции по дискретной математике [Текст]: 2-е изд., пересм / М. Вялый, В. Подольский, А. Рубцов, Д. Шварц, А. Шень; / Нац.исслед.ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2024. — 496 с.
2. Воронов, М. В. Прикладная математика: технологии применения: учебное пособие для вузов [Текст] / М. В. Воронов, В. И. Пименов, Е. Г. Суздалов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 376 с.
3. Введение в математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / А. Гасников, С. Кленов, Е.Нурминский, Я. Холодов, Н. Шамрай. – 2013. — 427 с.
4. Математика: учеб. для использования в учеб. процессе образоват.учреждений, реализующих прогр. нач. и сред. проф. образования [Текст] / М.И. Башмаков. - М.: Academia: Образоват.-издат. центр "Академия": Моск. учеб., 2010. - 256 с.
5. Мышенков, В.И. Численные методы. Ч. 2. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений: Учебное пособие для студентов специальности 073000 [Текст] / В.И. Мышенков, Е.В.Мышенков. - – М.: МГУЛ, 2005. – 109 с.

О.В.Журавлев, А.С. Мишин

«Москва энергетика институту» Улуттук изилдөө университети, Москва, Россия
Федерациясы

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический
институт», Москва, Российская Федерация

O.V.Zhuravlev, A.S. Mishin

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russian
Federation

ZhuravlevOV@mpei.ru MishinAIS@mpei.ru

ГИБКИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕРНЫЙ АЛГОРИТМ РЕЖИМА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО МЕТОДУ СТЫГИВАЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА

ТАРТУУ КОЭФФИЦИЕНТИНИН ЫКМАСЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН ФОТОЭЛЕКТРИК СИСТЕМАЛАРДЫН ЭНЕРГИЯ РЕЗЕРВИНИН РЕЖИМИ ҮЧҮН ИЙКЕМДҮҮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК КОНТРОЛЛЕРДИН АЛГОРИТМИ

FLEXIBLE INTELLIGENT CONTROLLER ALGORITHM FOR THE POWER RESERVE MODE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS USING THE METHOD OF THE PULLING COEFFICIENT

Изилдөөнүн максаты болуп энергияны сактоо тутумдарынан көз карандылыкты минималдаштыруу менен фотоэлектрдик системалардагы (PVS) генерациялоо жана конверсия процесстери саналат. Максималдуу кубаттуулукту издөө (MPPS) режими менен өз ара аракеттенип, тармактык жыштыктарды колдоо үчүн колдонулган интеллектуалдык энергия резервин түзүү (PRG) башкаруу алгоритми иштелип чыккан жана изилденген. Жөнөкөй формулаларды алуу үчүн ачык чынжырдагы чыңалууга салыштырмалуу иштөө чыңалуусун нормалдаштыруу сунуш кылынат. Нормалдаштырылган чыңалууга негизделген ылдый түшүрүүчү коэффициент ыкмасын (ПКМ) колдонуу контроллердин алгоритминин эки багыттуу касиети менен жеңил ишке ашырылуучу программалык чечимдерди түзүүгө мүмкүндүк берет, МРПны эске алуу менен жогорку өндүрүмдүүлүктү жана конвергенцияны камсыз кылат. MATLAB/Simulink'теги эксперименттер РСМ чыңалууну динамикалык түрдө эффективдүү өзгөртүп, PPS режиминде контроллердин ультра жогорку жооп берүү ылдамдыгын камсыз кылып, PVSтин тактыгын, ишенимдүүлүгүн жана бекемдигин жогорулатарын тастыктайт.

Түйүндүү сөздөр: фотоэлектрдик система, максималдуу кубаттуулук чекитине көз салуу (MRPT), ийкемдүү электр чекитине көз салуу (FRPT), бөлүкчөлөрдүн үйүрүн оптималдаштыруу, энергия резервинин режими, ылдый түшүрүү коэффициенти ыкмасы.

Целями исследования являются процессы генерации и преобразования в фотоэлектрических системах (ФЭС) при минимизации зависимости от систем хранения энергии. Разработан и исследован интеллектуальный алгоритм управления генерации резервирования мощности (ГРМ), используемый для поддержки частоты электросети, взаимодействующий с режимом генерации поиска точки максимальной мощности (MRPT). Предложено нормализовать рабочее напряжение относительно напряжения холостого хода, чтобы получить простые формулы. Использование метода стягивающего коэффициента (МСК) на основе нормализованного напряжения, позволяет создать легко реализуемые программные решения со свойством би-направленности алгоритма

контроллера, обеспечивающие высокое быстродействие и сходимость с учетом МРР. Эксперименты в MATLAB/Simulink подтверждают, что МСК эффективно изменяет напряжение в динамике, обеспечивая сверхвысокую скорость отклика контроллера в режиме ГРМ, повышая точность, надежность и робастность ФЭС.

Ключевые слова: фотоэлектрическая система, отслеживание точки максимальной мощности (MPPT), гибкое отслеживание точки мощности (FPPT), оптимизация роя частиц, режим резервирования мощности, метод стягивающего коэффициента.

The objectives of the study are the generation and conversion processes in photovoltaic systems (PVS) while minimizing the dependence on energy storage systems. An intelligent power reserve control (PRC) generation algorithm used to support the grid frequency, interacting with the maximum power point tracking (MPPT) generation mode, has been developed and studied. It is proposed to normalize the operating voltage relative to the open-circuit voltage in order to obtain simple formulas. Using the pull-down coefficient method (PCM) based on the normalized voltage allows creating easily implemented software solutions with the bi-directionality property of the controller algorithm, ensuring high performance and convergence taking into account the MPP. Experiments in MATLAB/Simulink confirm that the PCM effectively changes the voltage dynamically, providing an ultra-high controller response speed in the PPS mode, increasing the accuracy, reliability and robustness of the PVS.

Keywords: photovoltaic system, maximum power point tracking (MPPT), flexible power point tracking (FPPT), swarm optimization, power reserve control, pull-down coefficient method.

Введение. В 2024 году мировые солнечные фотоэлектрические системы установили рекорд, достигнув 597 ГВт (постоянного тока), что на 148 ГВт больше, чем в предыдущем году, укрепив ведущее доминирование солнечной энергетики в глобальном расширении ВИЭ [1]. Мировой опыт демонстрирует, что реального эффекта использования солнечной энергии можно добиться с помощью глубокого анализа внедрения масштабных сетевых проектов ФЭС. С другой стороны, с увеличением доли электростанций на основе ФЭС существенно меняются свойства электроэнергетических систем (ЭЭС), что требует более тщательного прогнозирования и планирования режимов работы систем, связанные с уменьшением эквивалентной постоянной инерции ЭЭС [2]. В системах энергоснабжения с низкой инерцией, по мере снижения инерционной реакции генераторных систем, мощности распределенных ФЭС при работе с режимом трекинга точки максимальной мощности (MPPT) могут привести к нестабильности энергетической системы, так как генерируемая мощность ФЭС не может гибко регулироваться, поскольку она следует за доступной мощностью [3,4].

Для гибкого управления активной мощностью ФЭС существуют несколько способов. Одним из них является использование системы аккумуляторных батарей, когда избыточная суточная энергия накапливается в течение периода высокой генерации и высвобождается, когда доступная мощность падает. Однако, у этого способа существует ряд недостатков: высокая стоимость первоначальных инвестиций, ограниченный срок службы и сложность системы при интеграции в ФЭС значительно возрастает. Между тем, гибкое управление активной мощностью напрямую достигается в контуре постоянного тока ФЭС путем дополнения режимов работы на основе алгоритмов гибкого трекинга точек мощности (FPPT) в контуре постоянного тока. В этом случае, ФЭС работает не на максимальной мощности (МРР), а на пониженном уровне мощности, в соответствии с требованиями электросети. Применение таких алгоритмов не требует дополнительного оборудования, что делает его очень привлекательным с большим количеством потенциальных применений в существующих или будущих ФЭС. В этом случае, управление активной мощностью становится значительно экономичным, чем другие решения.

В этой статье обсуждается реализация двухступенчатой сетевой ФЭС, подключенной к сети. Конфигурация системы и структура управления в контуре постоянного тока

представлена на рис.1. Схема преобразования ФЭС, использующая алгоритмы MPPT и FPPT, включает в себя два блока преобразования: конвертер и инвертор. В этой схеме управления извлечение солнечной энергии контролируется повышающим преобразователем через регулирование напряжения (V_{pv}) ФЭС, в то время как инвертор передает извлеченную мощность установки в сеть переменного тока, регулируя постоянное напряжение на DC-линии (V_{dc}).

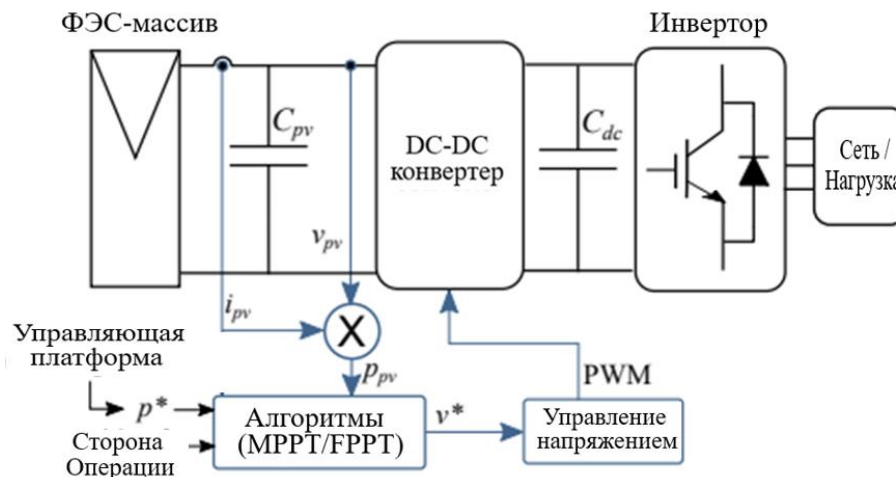


Рисунок 1 – Конфигурация ФЭС, подключенной к электросети с использованием алгоритмов MPPT/FPPT в контуре постоянного тока

В одноступенчатых сетевых ФЭС рабочая точка может находиться только справа от точки максимальной мощности. Это связано с тем, что напряжение в цепи постоянного тока не может опуститься ниже уровня, необходимого для подключения к сети. В двухступенчатых системах рабочая область расширяется, позволяя работать как слева, так и справа от МРР.

Каждая сторона имеет свои особенности. Работа слева от МРР позволяет значительно снизить колебания мощности по сравнению с правой стороной, но медленнее достигает границы рабочего диапазона при ступенчатых изменениях. Работа справа от МРР характеризуется более низким током, что ведет к снижению омических потерь. Поскольку каждая сторона МРР обладает преимуществами и недостатками, алгоритм гибкого слежения за точкой мощности (FPPT) должен целенаправленно перемещать рабочую точку на выбранную сторону (левую или правую от МРР) в соответствии с заданной стратегией управления и обеспечивать требуемую адаптивность.

Такие климатические факторы как температура окружающей среды и солнечное излучение, заметно влияют на генерируемую выходную мощность ФЭС. Динамический характер изменения климатических параметров приводит к нестабильности энергетической вольт-ваттной характеристики (ВВХ) и требует эффективных алгоритмов решения задачи ГРМ в сочетании с режимом MPPT [5,6,7]. Также существенно меняют генерируемую мощность ФЭС «сетевые требования» по ограничению постоянной и резервной мощности и выбор стороны регулирования, поступающие в MPPT/FPPT-контроллер конвертера от центральной управляющей платформы подачи мощности в сеть. Следовательно, возникает необходимость решения задачи эффективного регулирования рабочего напряжения на вольт-ваттной характеристике (ВВХ) ФЭС в реальном времени (Рисунок 1).

В моделировании этот процесс представлен как смена во времени климат-кадров, каждый из которых соответствует новому набору климатических параметров (температура, освещенность). На Рисунок 1а и 1б показано, как меняется ВВХ климат-кадра для последовательно-параллельной структуры ФЭС в зависимости от сетевого требования опорной мощности P^* , обеспечивая смещение рабочей точки слева от МРР до напряжения V_{fppl} и справа от МРР – до напряжения V_{fppr} .

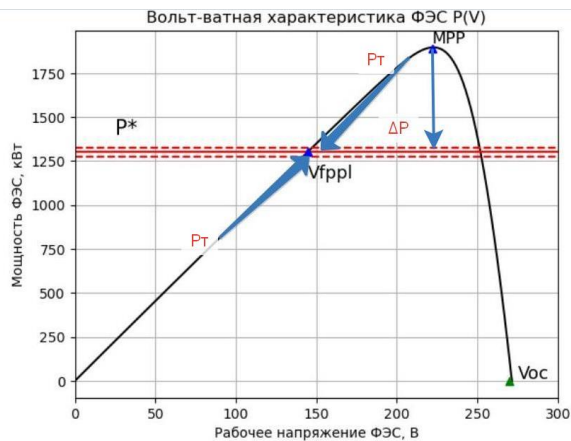


Рисунок 1а – Регулировка ГРМ слева

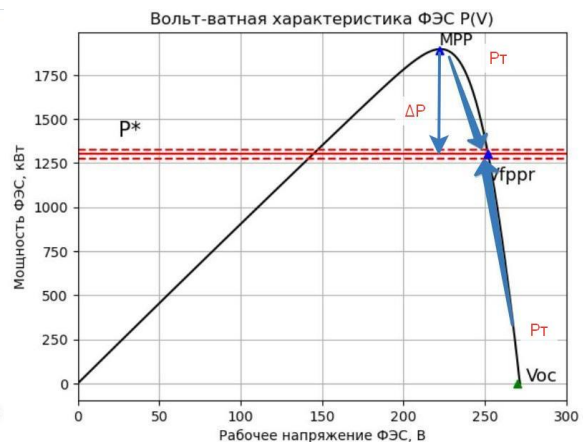


Рисунок 1б – Регулировка ГРМ справа

Такое сближение точки от P_{mpp} к P^* характерно для режима резервирования ГРМ, когда величина резерва мощности тесно связана с MPP [4]. Новые возможности, свойства и закономерности функционирования контроллерного алгоритма, работающего в режиме ГРМ, рассматриваются в данной работе, расширяя и совершенствуя исследовательский спектр данной тематики.

Материалы и методы исследования регулирования мощности ФЭС. В настоящее время для максимизации мощности, несмотря на выстраивание сложных классификаций по некоторым дополнительным детализирующим признакам, исследования и разработки алгоритмов глобального поиска MPPT практически сосредоточены на трёх направлениях методов алгоритмизации: традиционные, интеллектуальные (на основе оптимизации или нейросети) и гибридные, имеющие свои преимущества и недостатки [4,5]. Сегодня гибридизация алгоритмов оптимизации с традиционными методами дают оптимальное решение проблемы из всех возможных альтернативных интеллектуальных методов [5,6]. Сочетание модифицированного интеллектуального метода оптимизации роя частиц с методом возмущения и наблюдения (m-PSO-P&O) может служить примером гибридизации и используется в экспериментах данной статьи [6].

Решению задачи регулирования ФЭС с активной мощностью посвящен ряд работ, математический аппарат которых можно найти в открытых источниках, но предложенные авторами методы не адаптированы к режиму ГРМ. Среди методов линейного поиска выделяется алгоритм с адаптивным размером шага ГПМ, основанный на методе наблюдения и возмущения (A-P&O) [7]. Алгоритм улучшил скорость сходимости и не требует переключения режимов за счет проектирования адаптивного размера шага, но требует тщательной параметризации адаптивного размера шага, что добавляет ему определенную степень сложности. Среди методов нелинейного поиска выделим усовершенствованный алгоритм метода секущих [8], который упрощает процесс сближения, он демонстрирует лучшие общие характеристики по сравнению с классическим методом Ньютона, [9]. Несмотря на заявленную квадратичную сходимость, последний метод математически имеет избыточную алгоритмизацию, а практически – тенденцию проявлять нестабильность при изменении окружающей среды, что приводит к потере мощности. Существующим методам часто бывает трудно сочетать быструю сходимость, хорошие результаты отслеживания, с важным свойством алгоритмизации контроллеров – минимизация операций расчёта, обеспечивающая минимальный отклик.

Для решения этих проблем в данной работе предлагается гибкий контроллерный алгоритм управления ФЭС в режиме ГРМ на основе метода стягивающего коэффициента (МСК), разработанный авторами, с учётом MPP и разным выбором стороны регулирования ВВХ.

Цель такого разделения мощности – зарезервированная мощность должна быть «запасом» к использованию поддержания стабильности системы как превентивный ответ на меняющиеся частотные отклонения.

Данный сценарий управления контроллером опирается на показания только двух параметров контура постоянного тока и напряжения без использования внешних климатических датчиков. Этот подход является несомненным преимуществом по критерию стоимости в сравнении с другими сценариям реализации интеллектуальных контроллеров с использованием дополнительных внешних датчиков - температуры и освещённости [5]. Режим работы ГРМ активен, когда частота сети находится в пределах своего номинальной диапазона, а ФЭС поддерживает постоянным количество резервной мощности на протяжении времени действия управляющего значения резерва (запаса) мощности. Доступная максимальная мощность солнечной энергии должна быть известна в этом режиме работы. Принцип контроля резервной мощности на примере смещения влево и вправо относительно MPP проиллюстрированы на рисунках 1а и 1б. Уровень ограничения мощности P^* в режиме ГРМ рассчитывается по формуле: $P^* = (P_{mpp} - \Delta P)$, где P_{mpp} – максимальная доступная мощность, а $P_{res} = \Delta P$ – резервная мощность. Извлеченная мощность P^* всегда остается ниже максимальной доступной мощности P_{mpp} с количеством резервной мощности ΔP на протяжении, пока задается от «сети» требуемый резерв мощности ΔP . Значит, опорное напряжение V^* , выдаваемое с контроллера с ГРМ должно быть равно: $V_{pv} = V^*$, если $P^* < P_{mpp}$. Кроме того, в рамках одного климат-кадра может меняться резерв мощности. На Рисунок 1 P_T – это точка мощности, соответствующая предыдущему значению резерва, положение которой может быть выше или ниже нового значения P^* на ВВХ. В этом случае, алгоритм должен быть обладать свойством би-направленности, способной продолжать свое выполнение без его повторной инициализации от точки MPP.

Если максимальная доступная мощность, сформированная климат-параметрами меньше опорного значения, тогда ситуация является исключительной и алгоритм переходит в режим МРРТ: $V_{pv} = V^* = V_{mpp}$, когда $P^* \geq P_{mpp}$.

Сверхбыстрый алгоритм контроля режима резервирования мощности со смещением напряжения по методу стягивающего коэффициента. Режим ГРМ рассматривается с учетом МРР. Формула режима резервирования мощности: $P^* = P_{mpp} - P_{res}$, где $P_{res} = const$ на протяжении периода времени действия ГРМ, т.е. генерируемая во времени с «запасом» P_{res} мощность должна следовать параллельно P_{mpp} с P_{res} -отклонением, поэтому её часто называют дельтой-мощностью.

Нормализованное значение напряжения на k -ой итерации алгоритма относительно напряжения холостого хода V_{xx} будет равно $d(k) = V(k)/V_{xx}$ и позволяет сделать его безразмерным и независимым от самого значения.

Исходя из формулы режима, математическое решение пересечения горизонтальной прямой заданного ограничения P^* с вольт-ваттной нелинейной кривой с учетом точки МРР (V_{mpp}, P_{mpp}) рассмотрим первоначально с левой стороны. Расчет приближения в терминах итерационно меняющейся характеристики $d(k)$ выполняются по формуле (1):

$$d(k+1) = d(k) \cdot P^*/P(k), \quad (1)$$

где $C_c(k) = \frac{P^*}{P(k)}$ – стягивающий коэффициент; k – номер итерации.

Стягивающий коэффициент определяется на любой итерации цикла стягивания из расчета соотношения значений P^* и $P(k)$: $C_c(k) = P^*/P(k)$.

Расчет приближения в терминах итерационно меняющейся характеристики $d(k)$ с правой стороны выполняются по формуле (2):

$$d(k+1) = 1 - (1 - d(k)) \cdot P^* / P(k). \quad (2)$$

Точка старта алгоритма в режиме ГРМ $d(0) = d_{mpp}$, как для правой, так и для левой стороны, является идентичной. Алгоритм ведет расчеты $P(k)$ от MPP до сближения с P^* . В начале цикла стягивания, характерного для рассматриваемого режима ГРМ, соотношение $P^* < P(0) = P_{mpp}$, а стягивающий коэффициент $C_c(0) \leq 1$.

Сходимость алгоритма контролируется выполнением условий:

$$1 \geq C_c(k+1) \geq C_c(k) \geq C_c(k-1).$$

В общем случае, при $k = 0$, начальное значение стягивающего коэффициент меньше единицы, если $P^* < P(k)$ и $C_c(k)$ больше единицы, если $P^* > P(k)$.

Стягивающий коэффициент в режиме ГРМ априори всегда меньше единицы и по мере сближения с заданным ограничением будет стремиться к единице с задаваемой допустимой точностью совпадения. Ситуация алгоритма является исключительной, когда $P^* > P_{mpp}$, и в этом случае алгоритм должен выполнить переход в режим МРРТ.

Показатели контроля точности и надежности работы алгоритмов. При возникновении исключительных ситуаций, когда максимальная доступная мощность меньше опорного значения, $P^* > P_{mpp}$, решением является переход в режим работы МРРТ и установка генерации мощности на $P^* = P_{mpp}$.

При этом контроль расчетных итераций может отслеживается отклонением $e(k)$ от заданного значения мощности P^* : $abs(e(k-1)) > abs(e(k))$, $e(k) = P^* - P(k)$ [10,11]. Однако, выполнения одного этого условия недостаточно для контроля надежной работы алгоритма, из-за выполнения лишних итераций, теряющих контроль стороны регулирования и выхода за пределы границ рабочего диапазона.

В качестве новых условий отслеживания в стандартной и исключительной ситуациях предлагается осуществлять контроль по следующим показателям:

- Значение стягивающего коэффициента, который удобен для восприятия, так как он является процентной характеристикой точности стягивания текущего итерационного значения мощности с целевым ограничением.
- Потеря стороны регулирования, Это условие предполагает, что знак выражения $((P(k) - P(k-1)) / (d(k) - d(k-1)))$ должен быть неизменяемым: положительным слева или отрицательным справа.
- Выход за пределы границ рабочего диапазона т.е. когда $d \neq [0,1]$.

Использование несложных формул (1) и (2) и дополнительных условий повышают надежность работы алгоритмов контроллера, сокращают трудоемкость алгоритмов на каждой итерации, исключают изменение стороны контроля.

Проведение и анализ экспериментальных результатов. Чтобы проверить согласованность максимизации генерации электроэнергии и надежность резервного управления, обеспечивающая сходимость в реальном времени, проведены модельно-ориентирование проектирование и эксперименты в MATLAB/Simulink. Структура генерации ФЭС состоит из 10 последовательно соединённых модулей API-P215 (см. Таблица 1), собранных в 47 параллельных линий. Общая номинальная мощность рассматриваемой ФЭС – 101,036 кВт и номинальным напряжением в точке MPP равным 299,4 Вольт в стандартных условиях (равномерная освещённость всех модулей 1000 Вт/кв.м. при температуре 25°C). Шаблон изменения резервирования в режиме ГРМ – 0-30-50-20 кВт.

Таблица 1 - Номинальные параметры ФЭМ Advance Power API-P215

Параметр	Значение
Максимальная мощность, Вт0	214,97
Напряжение холостого хода, В	36,0
Ток короткого замыкания, А	7,83
Напряжение ТММ, В	29,94
Ток ТММ, А	7,18

Разработанная модель в MATLAB/Simulink включает в себя генерирующую цепочку ФЭС (47p10s), силовой повышающий DC-DC преобразователь (Booster), управляющий FPPT-контроллер с алгоритмами поиска MPP(m-PSO-P&O) и резервирования FPP, подсистему мониторинга (Рисунок 2). Предлагаемый алгоритм управления резервной мощностью на основе МСК с учетом MPP в проводимых экспериментах сочетается с алгоритмом m-АСО-P&O, разработанным авторами в НИУ МЭИ [6]. Когда MPPT-режим максимизирует выработку энергии, система может столкнуться с сетевым требованием резервирования мощности (ГРМ). Это требование переключает контроллер в режим ГРМ, где высокое быстродействие предотвращает нестабильность тока и напряжения. В этот момент FPPT-алгоритм активирует режим резервирования для расчета опорных значений напряжения V^* и мощности P^* .

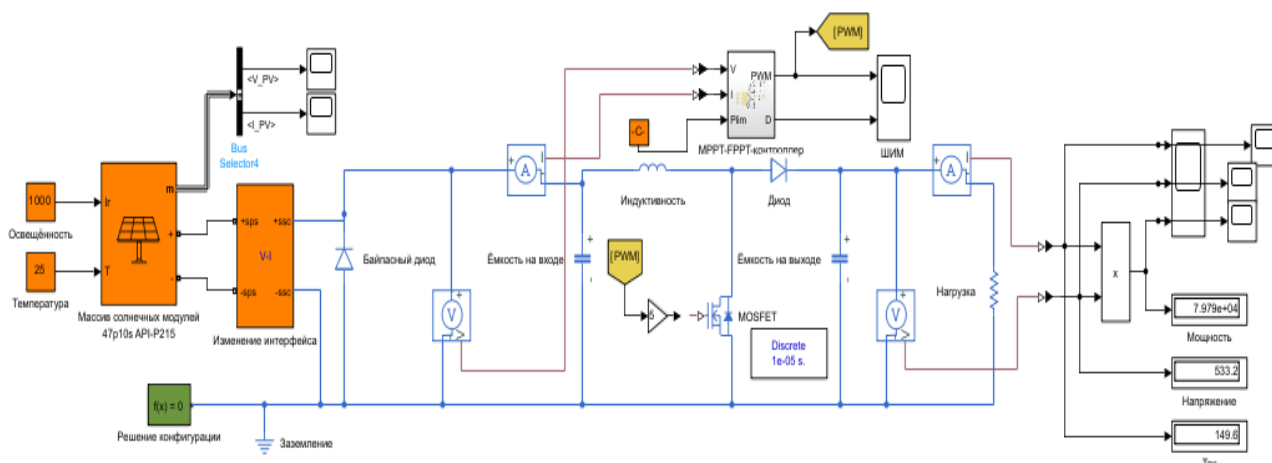


Рисунок 2 – Схема управления имитационной моделью с использованием FPPT-контроллера модельно-ориентированного проектирования (MATLAB/Simulink)

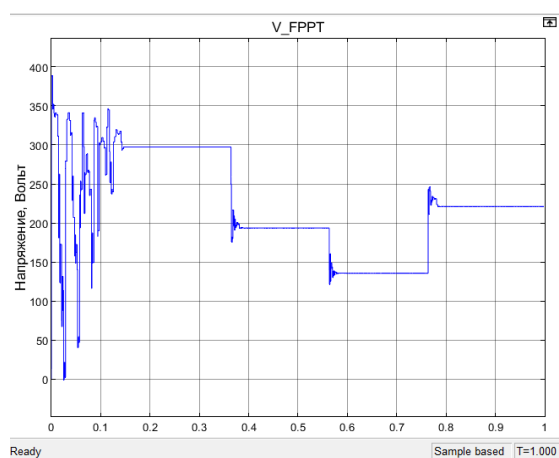


Рисунок 3а – Генерируемое напряжение ФЭС

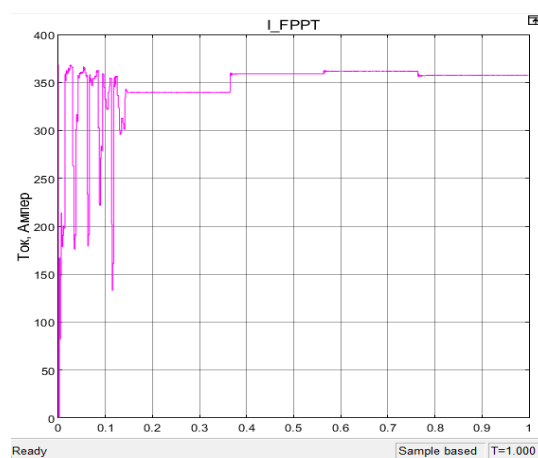


Рисунок 3б – Генерируемый ток ФЭС

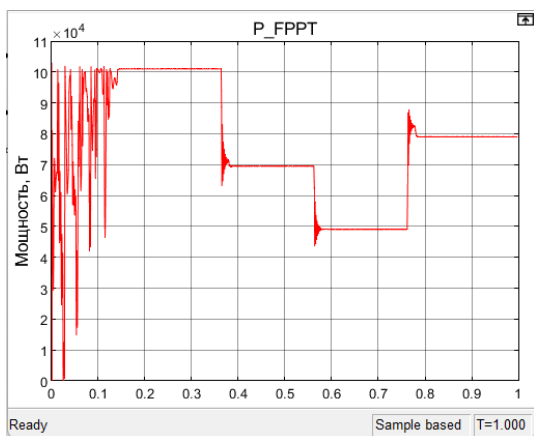


Рисунок 4а - Генерируемая мощность ФЭС

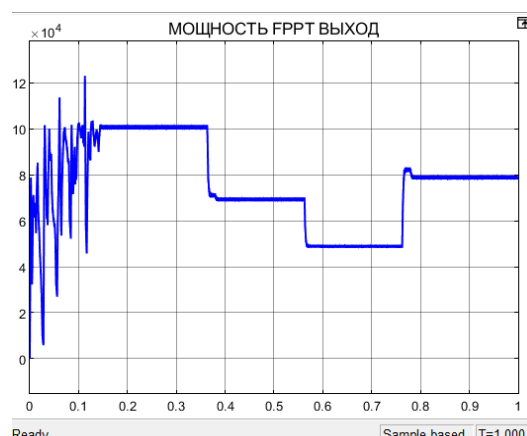


Рисунок 4б – Выходная мощность ФЭС

Полученные в результате моделирования характеристики представлены на Рисунок 3а, 3б, 4а и 4б с временной последовательностью шаблона резервирования мощности в 0-30-50-20 кВт. Значение MPP на алгоритме m-PSO-P&O достигается в течении 0,15 секунд. Контроллер с 0,35 секунды моделирования динамически переключается из режима MPPT в режим ГРМ вслед за изменениями точек резервирования напряжения. Переходные процессы при изменении значения резерва по шаблону следуют за изменениями для всех наблюдаемых характеристик модели и не превышают 0,04 секунды. Фактическое напряжение и ток, генерируемые ФЭС и передаваемые через преобразователь в нагрузку, соответствуют заданному шаблону резервирования (Рисунок 3). Аналогично, фактическая генерируемая мощность и мощность на нагрузке также соответствуют изменению шаблона резервирования (Рисунок 4). Изменение значения величины резерва мощности в рамках кадра-климата успешно происходит с текущей точки рабочего напряжения без повторной инициализации алгоритма ГРМ, подтверждая присущее алгоритму на основе МСК свойство би-направленности.

Результаты моделирования показывают, что система управления на основе предложенного алгоритма способна быстро реагировать на внезапные изменения сетевых требований, поддерживать стабильную генерацию и преобразование тока и напряжения, а также избегать значительных колебаний или задержек. Кроме этого, перечислим ряд преимуществ МСК по сравнению с другими алгоритмами [7,8,9]:

- Скорость сходимости является сверхбыстрой, конкурирующей с методом квадратичной сходимости [9], в том числе за счет снижения периода опроса датчиков тока и напряжения, чему способствует использование несложных формул расчета, минимизация числа итераций для достижения целевого значения, которые сокращают трудоемкость алгоритма контроллера и его программирование;
- Понятный контроль исключительной ситуации с новыми показателями, алгоритм используется без настройки параметров, расчеты не привязаны к номинальным параметрам и условиям ФЭС;
- Обладает свойством динамической би-направленности расчетов к вертикальному направлению движения рабочей точки по ВВХ и универсален к горизонтальному выбору стороны регулирования.

Заключение. В реальных условиях управления генерацией ФЭС сложно установить точную математическую модель из-за нелинейности характеристической кривой, её динамической изменчивостью, вызванной изменениями климат-параметров (освещенности и температуры). представлен новый метод управления резервированием мощности генерации ФЭС в контуре постоянного тока по требованию сети, базирующийся на концепции поиска гибких точек мощности.

Предлагается метод стягивающего коэффициента управления в FPPT-контроллерах с учетом MPPT без производных или дополнительных функций, обеспечивающий энергетический резерв активной мощности. Метод базируется на значениях только двух электрических параметров: тока и напряжения, без использования дополнительных климатических датчиков, прогнозов и предсказаний, что является её несомненным преимуществом.

Существенными преимуществами предложенного метода является алгоритмическая простота, обеспечивающая сверхлинейную сходимость без динамических параметрических настроек и ориентации на номинальные характеристики. Алгоритм исключает повторные инициализации при смене климат-параметров, кроме исключительных ситуаций, которые за счет набора предложенных контрольных показателей надежно отслеживаются. Применимость предложенного метода стягивающего коэффициента продемонстрирована экспериментальными результатами в рамках модельно-ориентированного проектирования пакета MATLAB/Simulink,

Список литературы

1. Solar Power Europe (2024), Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029, 2024. – pp. 1-160.
2. Илюшин П.В. Особенности возникновения и протекания аварийных режимов в распределительных сетях с распределенной генерацией [Текст] / П.В.Илюшин // Вестник Казанского государственного энергетического университета. - 2021. - Т. 13. - № 3. - С. 3-14.
3. Peng Q., Sangwong A., Yang Y., Blaabjerg F. Grid-friendly power control for smart photovoltaic systems // SolarEnergy, v.210, 2020, pp.115-127. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.001>.
4. Yang B., Xie R., Guo Z. Maximum Power Point Tracking Technology for PV Systems: Current Status and Perspectives // Energy Engineering, 2024, 121(8).
5. Podder A., Roy N., Pota H. MPPT methods for solar PV systems: A critical review based on tracking nature // IET Renewable Power Generation, v.13, no.10, pp.1615–1632, June,2019.
6. A. S. Mishin and O. V. Zhuravlev, Enhancing Global Maximum Power Point Tracking in Partically Shaded Photovoltaic Systems Using Agent Colony Optimization // 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-6. <https://DOI: 10.1109/REEPE63962.2025.10971127>.
7. Tafti H., Sangwongwanich A., Yang Y., Pou J., Konstantinou G., Blaabjerg, F. An Adaptive Control Scheme for Flexible Power Point Tracking in Photovoltaic Systems // IEEE Transactions on Power Electronics, 34(6), 2018, pp. 5451-5463. Article 8457276. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2018.2869172>.
8. Kumaresan A., Tafti H., Kandasamy N., Fariva G, Pou J., Subbaiyan T. Flexible power point tracking for solar photovoltaic systems using secant method // IEEE Transactions on Power Electronics, 2021, 36(8), pp. 9419-9429. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2021.3049275>.
9. Kumaresan A., Tafti H., Kandasamy N., Pou, J. Flexible Power Point Tracking Algorithm for Photovoltaic Systems Using the Newton's Method // IECON 2021 - 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, October 2021. DOI: 10.1109/IECON48115.2021.9589958.

К.Т. Тажигаев¹, Г.О. Казакбаева², Д.К. Тажигаев³

^{1,2} КР УИА Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту,

³ И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

^{1,2} Институт машиноведения, автоматики и геомеханики НАН КР,

³ КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K.T. Tazhibayev¹, G.O. Kazakbaeva², D.K. Tazhibayev³

^{1,2} Institute of Machinery researching, Automatics and Geomechanics of the NAS KR,

³ Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic

dantaji@mail.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ДЕФОРМАЦИЯ И САМОРАЗРУШЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ, ИМЕЮЩИХ ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

КАЛДЫК ЧЫҢАЛУУСУ БАР МОДЕЛДИК ОПТИКАЛЫК АКТИВДҮҮ ҮЛГҮЛӨРДҮН СТРЕСС АБАЛЫ, ДЕФОРМАЦИЯСЫ ЖАНА ӨЗҮН-ӨЗҮ БУЗУУСУ

STRESS STATE, DEFORMATION AND SELF-DESTRUCTION OF MODEL OPTICALLY ACTIVE SAMPLES HAVING RESIDUAL STRESSES

Оптикалык активдүү материалдан жасалган үлгүлөрдө бир багыттуу кысуу (жүктөө жана жүктөн бошотуу) шартында эксперименталдык изилдөөлөр жүргүзүлдү. Изилдөөнүн максаты — калдыктын чыңалуусунун катуу дененин деформация жана бузулуу процесстерине тийгизген таасирин аныктоо болду. Ступенкалуу (баскычтуу) жүктөө жана жүктөн бошотуу учурунда калдыктын чыңалуусу жок үлгүлөр салыштырмалуу чоң жүктөмдөрдү жарака пайда кылбастан жана бузулбастан көтөрө алаары белгилүү болду. Бул учурда үлгүлөрдө серпилгич-пластикалык деформациялар жүрүп, формасы өзгөрөт. Бирок жүктөөдө да, жүктөн бошотууда да узунунан жана туурасынан болгон деформацияларда эч кандай секирик (скачок) байкалган жок. Ал эми калдыктын чыңалуусу бар үлгүлөрдү салыштырмалуу жогорку деңгээлге чейин баскычтуу жүктөө алардын бузулушуна алып келбесе да, жүктөн бошотуу маалында үлгүнүн ар кайсы жеринде узунунан жана туурасынан жаракалар пайда болот. Ошондой эле узунунан жана туурасынан болгон деформацияларда секирик түрүндө өзгөрүүлөр болуп, бул учурда калган чыңалуулардын активдүү кайра бөлүштүрүлүү процесси жүрүп, жарака өсүшүнө жана үлгүнүн өзүнөн өзү бузулушуна алып келери аныкталды.

Түйүндүү сөздөр: *модель, деформация, калдыктуу чыңалуу, оптикалык активдүү, үлгү, өзүн-өзү бузуу, жүктөө, жүктөн бошотуу, жарака, секирүү, бир огунан кысуу, фотосерпилгичтик.*

Проведены экспериментальные исследования на образцах из оптически активного материала, которые подвергались одноосному сжатию (нагружение и разгрузка) с целью влияния остаточных напряжений на процессы деформации и разрушения твердого тела. Выявлено, что в результате ступенчатой нагрузки и разгрузка образцы без остаточных напряжений выдерживая относительно большие нагрузки без возникновения трещин и не разрушаясь претерпевают упругопластические деформации, которые приводят к изменению формы образца, но при этом как при нагружении, так и разгрузке, никаких скачков продольной и поперечной деформации не наблюдается. Установлено, что ступенчатое нагружение образцов, имеющих остаточные напряжения, до относительно

высоких значений не приводит к разрушению образцов, но при разгрузке в разных частях образца образуются продольные и поперечные трещины, происходят скачкообразные изменения продольной и поперечной деформации данного образца, т.е. имеет место процесс активного перераспределения имеющихся остаточных напряжений, способных развивать трещины и приводить к саморазрушению образцов.

Ключевые слова: модель, деформация, остаточные напряжения, оптически активный, образец, саморазрушение, нагрузка, разгрузка, трещина, скачкообразный, одноосное сжатие, фотоупругость.

It is conducted experimental researches on samples of optically active material which were subjected to uniaxial compression (loading and unloading) in order to study the effect of residual stresses on the processes of deformation and destruction of a solid. It was found that as a result of step loading and unloading, samples without residual stresses withstand relatively large loads without cracks and without destruction, undergo elastic-plastic deformations that lead to a change in the shape of the sample, but at the same time, no jumps in longitudinal and transverse deformation are observed both during loading and unloading. It was found that step loading of samples with residual stresses to relatively high values does not lead to destruction of the samples, but during unloading, longitudinal and transverse cracks are formed in different parts of the sample, abrupt changes in the longitudinal and transverse deformation of this sample occur, i.e. there is a process of active redistribution of existing residual stresses that can develop cracks and lead to self-destruction of samples.

Key words: model, deformation, residual stresses, optically active, sample, self-destruction, loading, unloading, crack, abrupt, uniaxial compression, photoelasticity.

Введение. Из обзора и анализа литературных источников по исследованию остаточных напряжений следует то, что влияние остаточных напряжений на процессы деформирования и разрушения твердых тел и особенно горных пород недостаточно изучены, поэтому на современном этапе проблема исследования остаточных напряжений и их влияния на процессы деформирования и разрушения твердых сред, в том числе горных пород остается актуальной.

Известно, что пространственное распределение напряжений в деформируемом теле предопределяет характер его деформации и последующего разрушения и, в конечном итоге, определяет несущую способность материала. Напряженное состояние нагруженного тела и остаточное напряжение может быть изучено разными методами: аналитическими, численными, физического моделирования, и в частности, методом фотоупругости (на моделях из оптически активных материалов), а также на основе метода разгрузки и др.

Методы исследований. Для изучения влияния остаточных напряжений на процессы деформации и разрушения твердого тела нами проведены экспериментальные исследования указанных процессов на образцах из оптически активного материала, которые подвергались одноосному сжатию. При этом остаточные напряжения определялись методом фотоупругости. Для проведения опытов на одноосное сжатие были изготовлены твердые однородные модельные призматические образцы из оптически активного материала – эпоксидной смолы марки ЭД-6. Образцы имели следующие параметры: высота $h = 10$ см, ширина $a = 5$ см, толщина $d = 2$ см. В образцах имелись генетические остаточные напряжения различного уровня, сложившиеся в процессе технологии изготовления оптически активного материала. Для сравнения результатов исследований, остаточные напряжения из отдельных образцов были выведены путем специальной технологии отжига. Такие образцы не содержали остаточные напряжения. Распределение остаточных напряжений различного уровня в образцах подробно были исследованы и построены эпюры σ_1 , σ_2 , τ_{\max} по двум сечениям (горизонтальному и вертикальному) образцов.

Одноосное сжатие образцов проводилось с помощью 30-тонного прессы по стандартной методике. Нагружение образцов осуществлялось через стальные плиты прессы.

Скорость нагружения составляла 0,5–1,0 МПа/с. Для измерения поперечной деформации на боковой поверхности испытываемого образца устанавливали индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм, а для измерения продольной деформации индикаторы устанавливали в средней части образца. Во время замеров нагрузка поддерживалась постоянной. Таким образом, деформированное состояние образца контролировалось показаниями индикаторов часового типа, установленных в поперечном и продольном направлениях, в процессе ступенчатого нагружения и разгрузки практически до наступления разрушения образца.

В процессе испытаний велись наблюдения за изменением напряженно-деформированного состояния в образце с помощью поляризационно-оптического прибора, позволившие нам описать механическое поведение каждого образца при одноосном сжатии.

В наших исследованиях остаточные напряжения определялись в пределах плоского модельного образца, то есть остаточные напряжения первого рода. Для выявления характера распределения остаточных напряжений в однородных образцах из эпоксидной смолы ЭД-6 получен блок, из которого затем изготовлены призматические образцы размером 10×5×2 см. Фотографирование картин изохром, и зарисовка изолиний по всему полю образцов выполнены на переоборудованной немецкой поляризационно-оптической установке «300». Измерения напряжений в отдельных точках производились поляризационно-оптическим прибором КСП-6 с кальцитовым поворотным компенсатором типа «КПК Берека».

«Остаточные напряжения, которые формировались в результате физико-химических процессов при неравномерном остывании изготавливаемого блока модельного материала, нами названы *генетическими остаточными напряжениями*» [3], а созданные при термической обработке – *наведенными*.

Результаты исследований. На рисунке 1 представлены характерные образцы имеющие и не имеющие остаточные напряжения после проведения испытаний в условиях статического одноосного сжатия. На рисунках 2 и 3 представлены картина изохром остаточного напряжения образца 3 и развития внутренних не большого размера единичных поперечных и продольных трещин в средней части, первоначально не выходящих на границы и поверхности образца, а затем самопроизвольно развиваясь с течением времени, при отсутствии внешней нагрузки в нормальных комнатных температурных условиях, выходящих на поверхность и границы. (самопроизвольное развитие трещин с 27. 07. 2002г по 15.06. 2007г., и по 14.03.2011 г. с выходом на поверхности образца при отсутствии внешней нагрузки).

Эпюры генетических остаточных напряжений образца 3 по вертикальному сечению указывают на то, что от середины до расстояния 2 см имеют место как растягивающие, так и сжимающие напряжения, которые ближе к верхнему левому боку переходят в сжимающие напряжения (рис. 4, а, б).

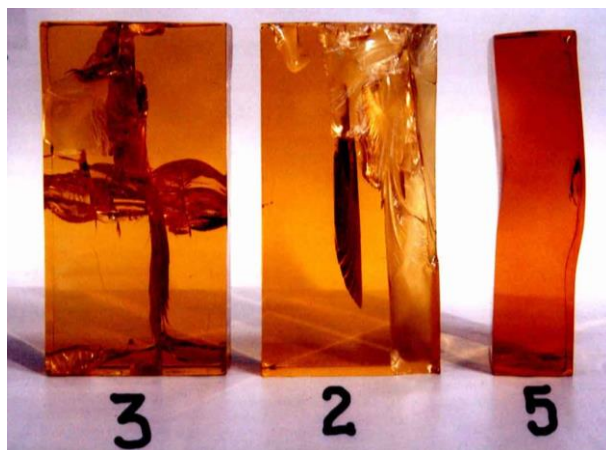


Рисунок1 - Образцы 3 и 2 с разным уровнем остаточных напряжений и образец 5 не имеющий остаточных напряжений, подвергшиеся испытаниям на одноосное сжатие (2002 г.)

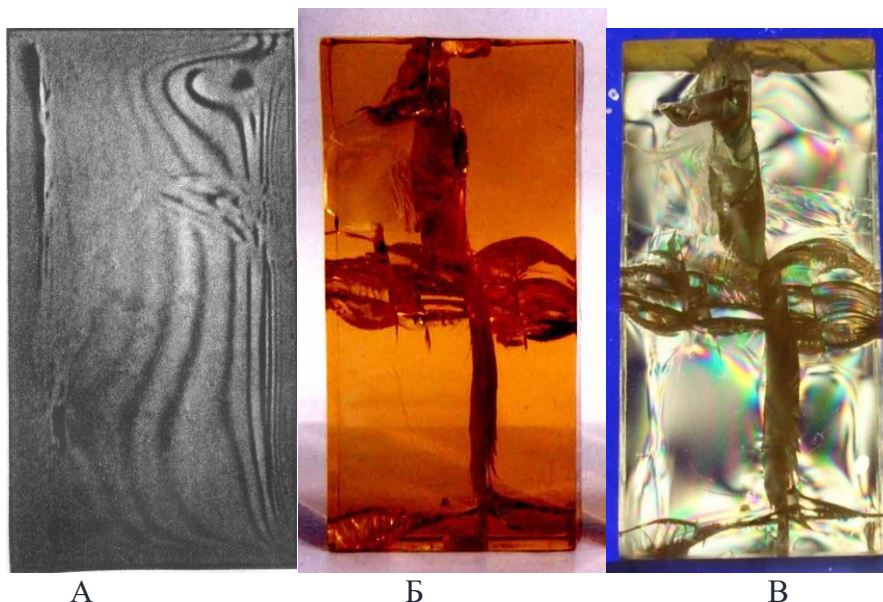


Рисунок 2 - Образец 3 с генетическими остаточными напряжениями до (А - с картиной изохром) и после нагружения (Б и В) и самопроизвольного развития внутренних единичных поперечных и продольных трещин в средней части, не выходящих на границы и поверхности (самопроизвольное развитие трещин с 27. 07. 2002 г по 15.06. 2007 г. с выходом на поверхности при отсутствии внешней нагрузки)



Рисунок 3 - Образец №3 после нагружения и самопроизвольного развития внутренних единичных поперечных, продольных трещин в средней части, не выходящих на границы и поверхности (самопроизвольное развитие трещин с 27. 07. 2002 г по 14.03.2011 г. и по настоящее время 2024 г. с выходом на границы и поверхности образца при отсутствии внешней нагрузки)

Эпюры генетических остаточных напряжений образца 3 по вертикальному сечению указывают на то, что от середины до расстояния 2 см имеют место как растягивающие, так и сжимающие напряжения, которые ближе к верхнему левому боку переходят в сжимающие напряжения (рис. 4, а, б).

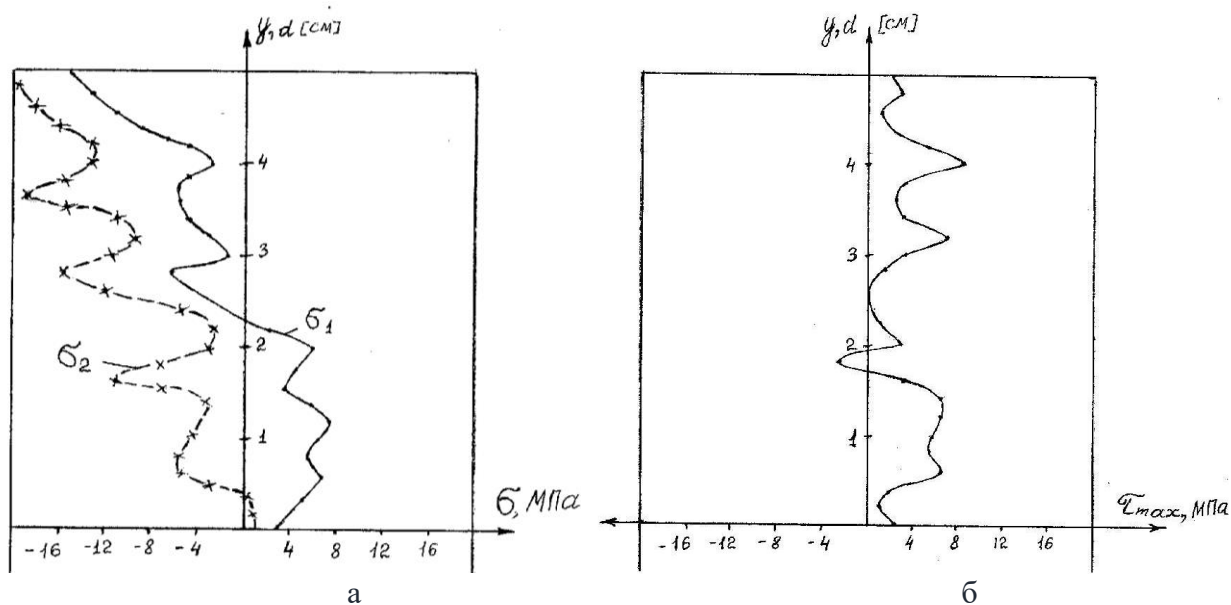


Рисунок 4 - Эпюры генетических: а – главных нормальных остаточных напряжений σ_1 , σ_2 ; б – максимальных касательных напряжений τ_{max} по вертикальному сечению (образец 3)

По горизонтальному сечению образца (рис. 5, а, б) преобладают растягивающие напряжения, максимальные их значения ближе к боковым частям равны 8–14 МПа, а ближе к средней части образца имеется локальная точка, где значения сжимающих напряжений достигают до 13 МПа.

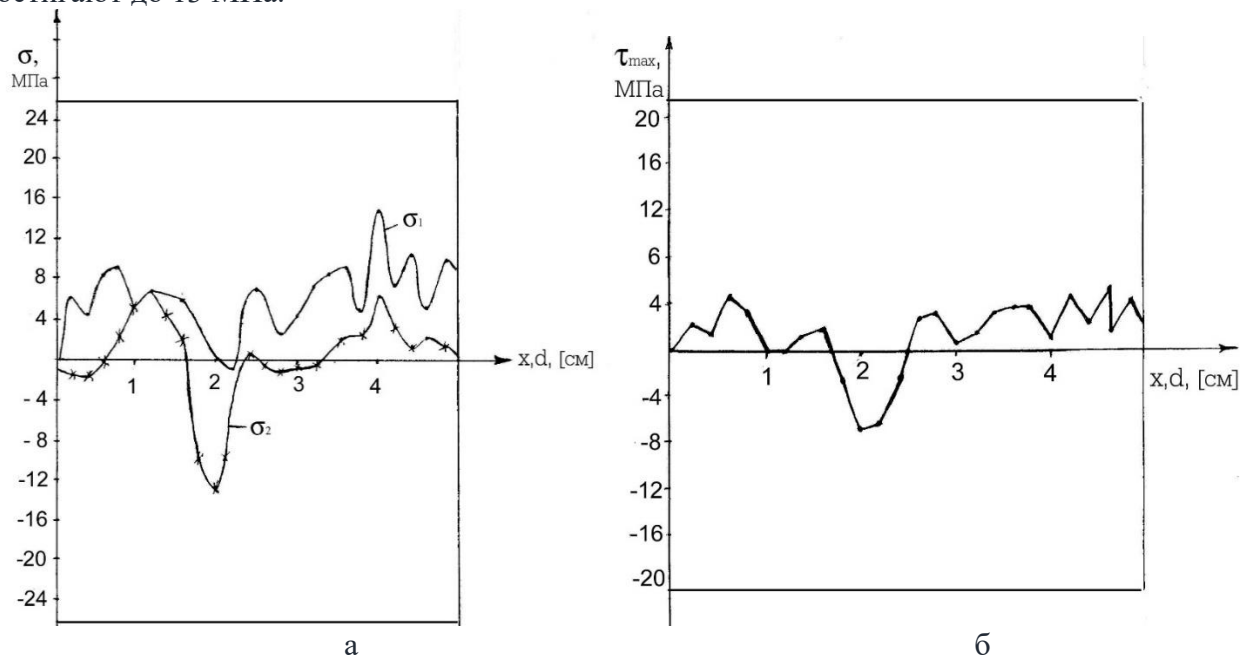


Рисунок 5 - Эпюры генетических: а – главных нормальных остаточных напряжений σ_1 , σ_2 ; б – максимальных касательных напряжений τ_{max} по горизонтальному сечению (образец 3)

В процессе ступенчатого нагружения образца 3 нами изучалась динамика роста продольных и поперечных деформаций и нагружать образец начали с 750 кгс. При доведении нагрузки до 1500 кгс наблюдалось полное исчезновение в нем полос изохром, так как их количество, по-видимому, достигло максимума. При повышении нагрузки до 6000 кгс в верхней торцевой части образца появились темные линии, сохранившиеся даже при его разгрузке (обычно впоследствии в таких местах появлялись трещины). Полная разгрузка

показала, что первоначальная картина изохром восстановилась с незначительным изменением.

Ступенчатое нагружение образца до 12750 кгс, привело к незначительному его искривлению, но других каких-либо изменений не наблюдалось. При такой высокой нагрузке – напряжении 127,5 МПа, образец 3 не разрушился. Далее, вопреки существующим представлениям, неожиданно, при разгрузке на уровне 4000 кгс в средней части образца образовались с треском внутренние не большие продольные и поперечные трещины. Со временем при полном отсутствии внешней нагрузки эти трещины начали расти, раскрылись и вышли на поверхность образца, т.е. в образце происходит (с августа 2002 г. по настоящее время) активное перераспределение остаточных напряжений, способных развивать трещины.

Картина изохром и вид образца 3 с трещинами представлены выше на рисунках 2 и 3, а зависимости продольной и поперечной деформации в данном образце – на рисунках 6, 7 и 8.

Важно отметить, что при первой же разгрузке, около 4000 кгс (40 МПа), происходило скачкообразное изменение продольной и поперечной деформации данного образца (рис. 6 и 8), причем с изменением направления деформации (при разгрузке от сжимающей нагрузки происходило аномальное поперечное расширение и продольное сжатие). При повторных приложениях более высоких нагрузок и разгрузке наблюдались скачкообразные и знакопеременные изменения как продольной, так и поперечной деформации (рис. 7 и 8). И, как указано выше, образец 3 выдержав напряжения порядка 127,5 МПа не разрушаясь, при отсутствии каких-либо трещин, при разгрузке около 4000 кгс (40 МПа) начал неожиданно разрушаться, и при этом в средней части образовались первичные трещины.

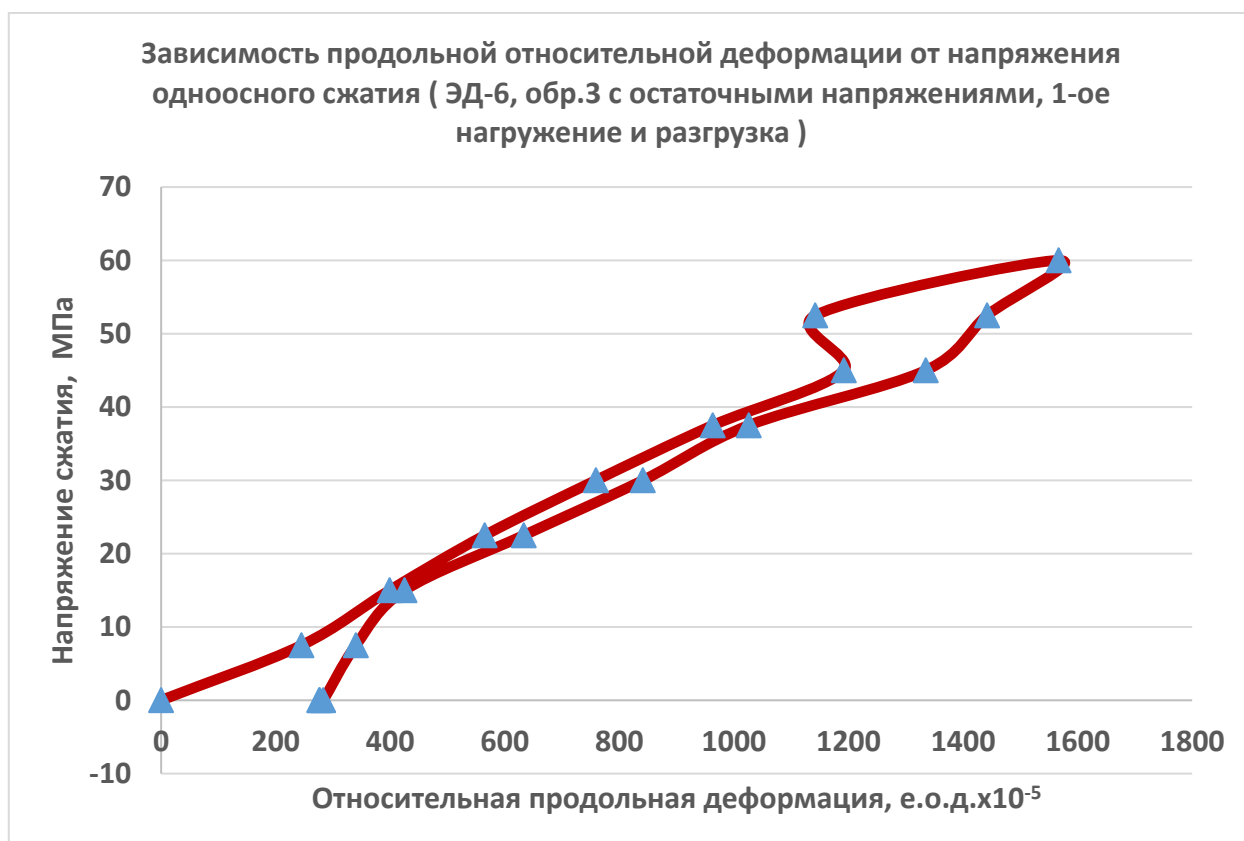


Рисунок 6 - График продольной деформации при первом нагружении и разгрузке образца 3

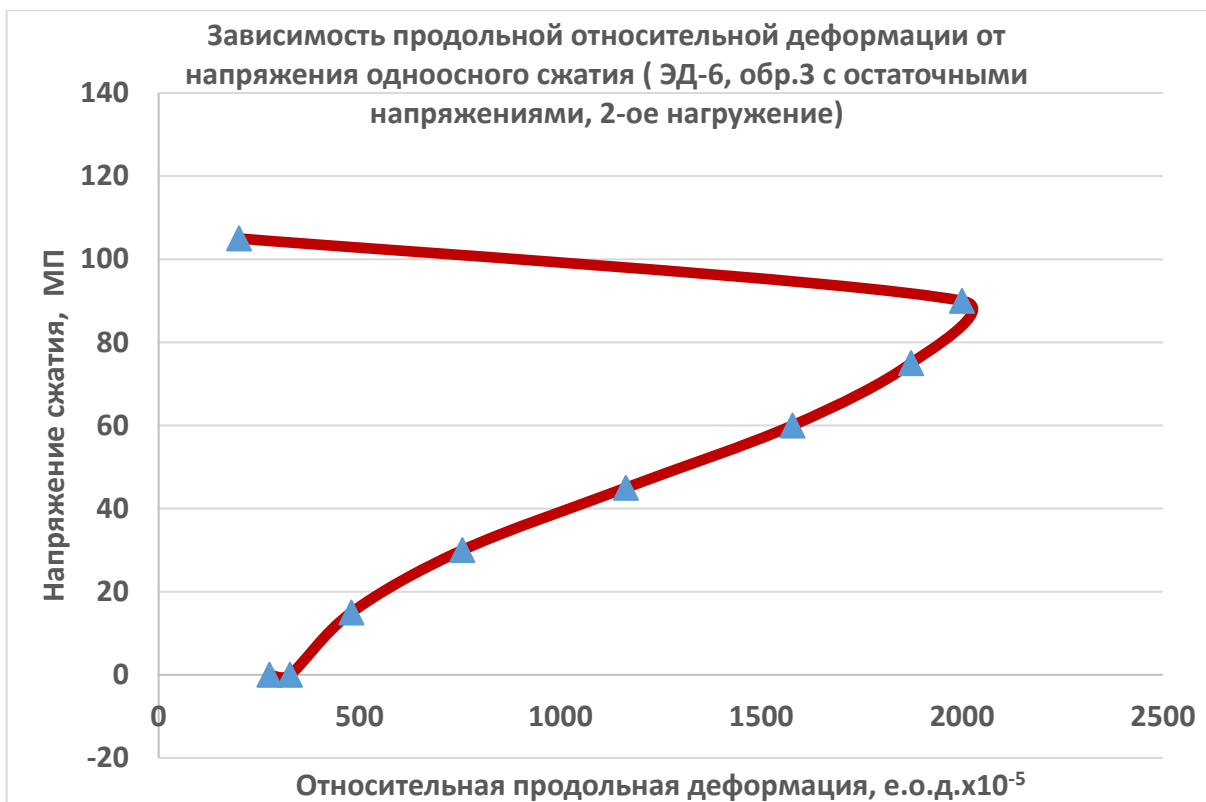


Рисунок 7 - График продольной деформации при втором нагружении образца 3

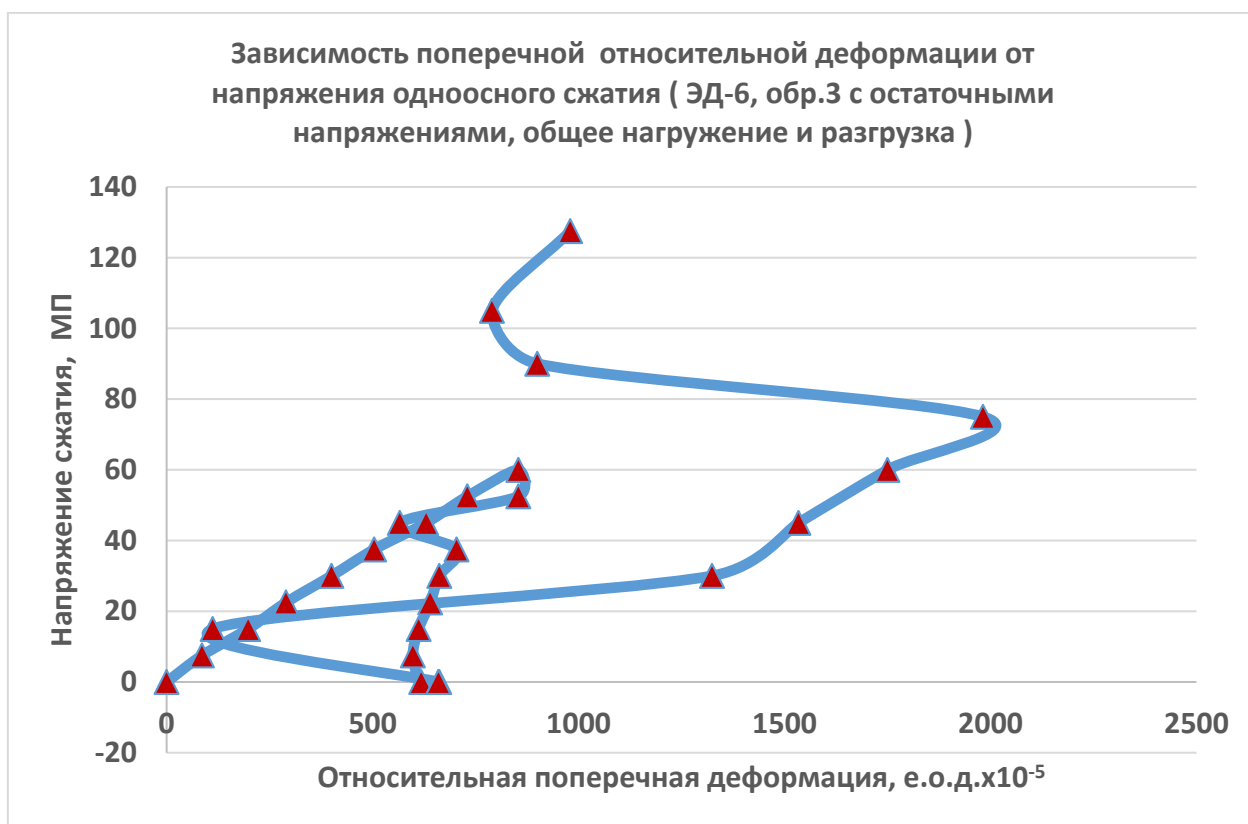


Рисунок 8 - График поперечной деформации при первом нагружении и разгрузке и втором нагружении образца 3

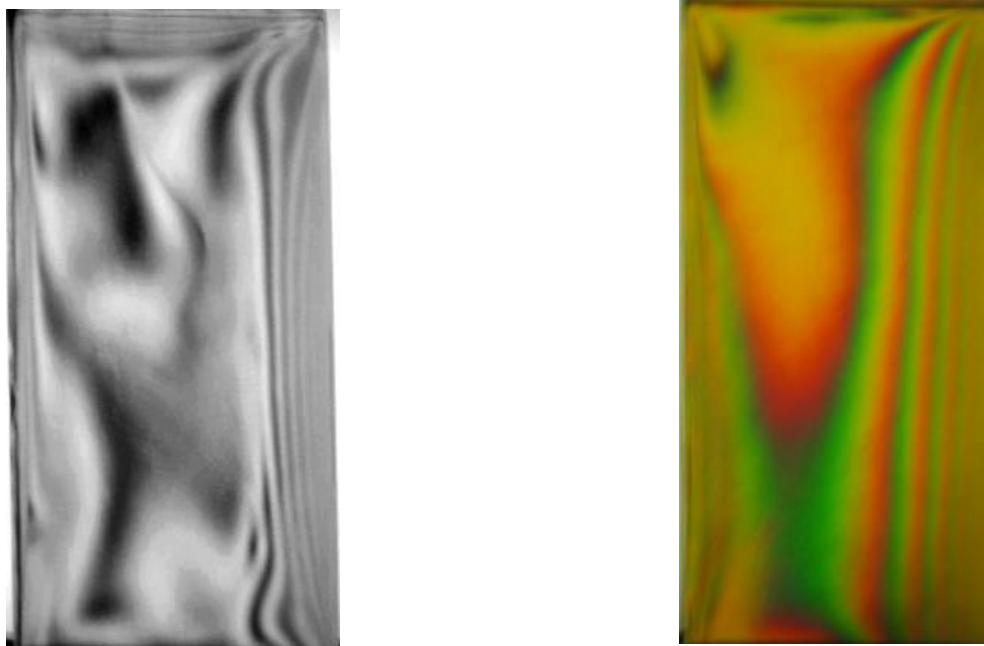


Рисунок 9 - Картина изохром образца 2 с генетическими остаточными напряжениями до испытания на одноосное сжатие

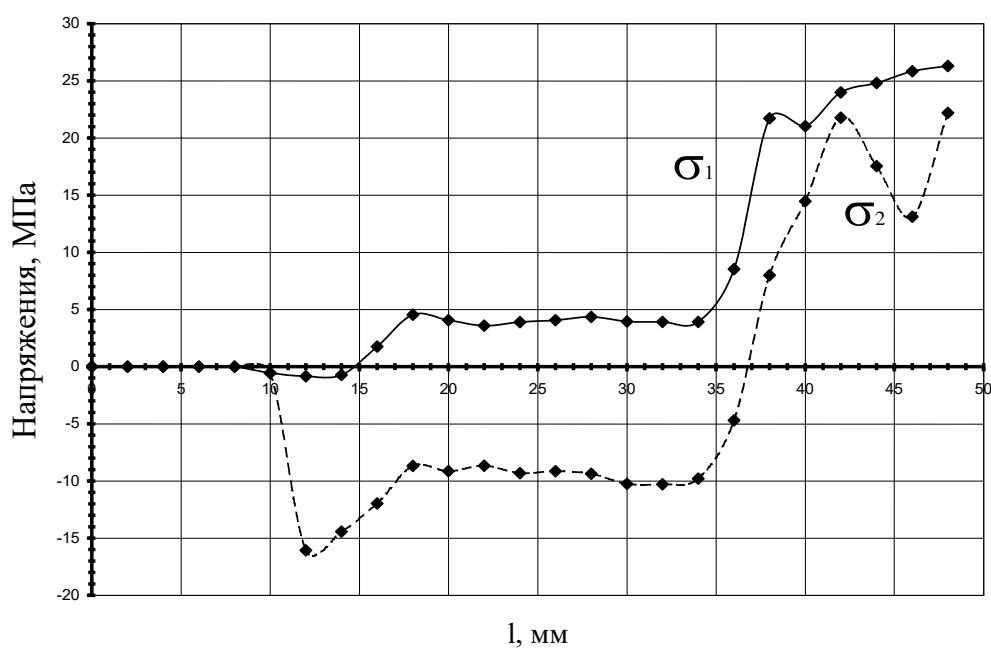


Рисунок 10 - Эпюры главных нормальных напряжений образца 2 с генетическими остаточными напряжениями по горизонтальному сечению

«По эпюрам главных нормальных остаточных напряжений видно, что на участке той половины, где нет остаточных напряжений значения $\sigma_1, \sigma_2 = 0$, а далее имеют место как сжимающие, так и растягивающие напряжения. Ближе к боковой части растягивающие напряжения достигают высоких значений» [1] (рис 10). Эпюры максимальных касательных напряжений указывают, что скачкообразность распределения остаточных напряжений наблюдается ближе к боковой части образца (рис 11).

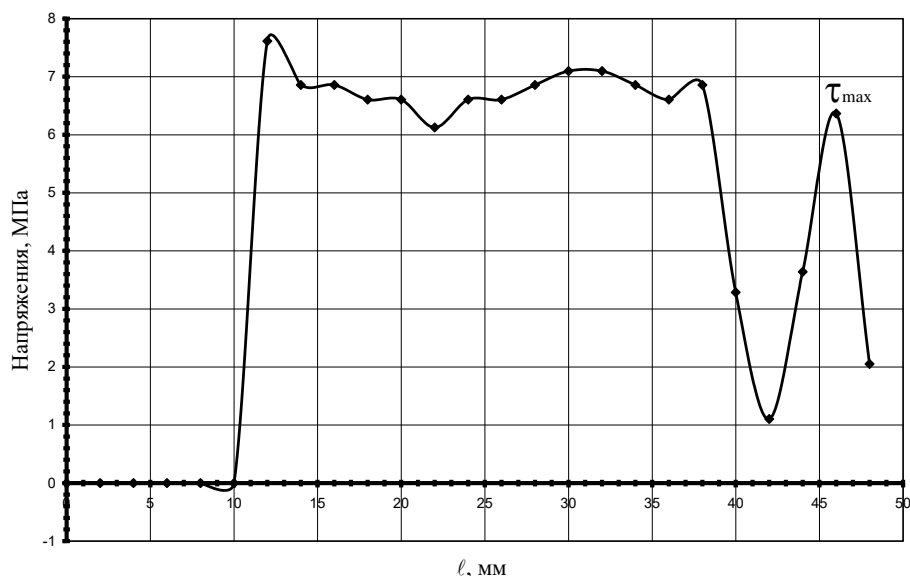


Рисунок 11 - Эпюры максимальных касательных напряжений образца 2 с генетическими остаточными напряжениями по горизонтальному сечению

В процессе нагружения образца 2 нами изучалась динамика роста продольных и поперечных деформаций. Нагружать образец начали с 750 кгс. Высокая концентрация напряжений наблюдается по всему образцу. Когда нагрузка дошла до 1000 кгс, с образца все полосы (картина изохром) исчезли. Только в правом верхнем углу видна черная полоса. При постепенном доведении нагрузки до 6000 кгс никаких полос, никаких трещин в образце не наблюдалось.

При разгрузке полосы начали появляться с левой стороны образца, и после полной разгрузки первоначальная картина изохром восстановилась с незначительным изменением. Измерив относительные продольные и поперечные деформации для точек разгрузки, начали повторную нагрузку образца. При нагрузке 1500 кгс в правом верхнем углу образца была видна черная полоса. Когда нагрузка была доведена до 9000 кгс, черная полоса, которая наблюдалась в правом верхнем углу, растянулась на всю длину правой стороны образца, т.е. от верхнего правого угла дошла до нижнего правого угла. Затем образец повторно разгрузили. В правой части образца сложилась зона высокой концентрации напряжений. Особенно это наблюдается в правой боковой части и в верхнем правом углу, а в других частях образца отмечены лишь незначительные концентрации напряжений.

При повторном нагружении на уровне 12900 кгс произошло разрушение именно на той половине образца (правой), где имелась зона высокой концентрации напряжений. В этом правом месте изначально существовали высокие остаточные напряжения (см. рис. 9). Другая половина не разрушилась, только около верхнего торца имеется небольшая трещина (см. рис. 1). Динамики роста продольных и поперечных деформаций приведены на рисунках 12, 13, 14 и 15.

При напряжении около 129 МПа, образец 2, имеющий концентрацию остаточных напряжений с правой стороны, частично разрушился именно с правой стороны (см. рис. 1). Из рисунков 13 и 15 видно, что в образце 2 также наблюдаются скачкообразные и знакопеременные деформации. Особо следует отметить факт длительного развития продольной и поперечной деформации во времени после полной разгрузки и при отсутствии внешней нагрузки (рис. 13 и 15), вопреки существующим представлениям и фактам быстрого прекращения всякой упругой и пластической деформации после полной разгрузки и при отсутствии внешней нагрузки.

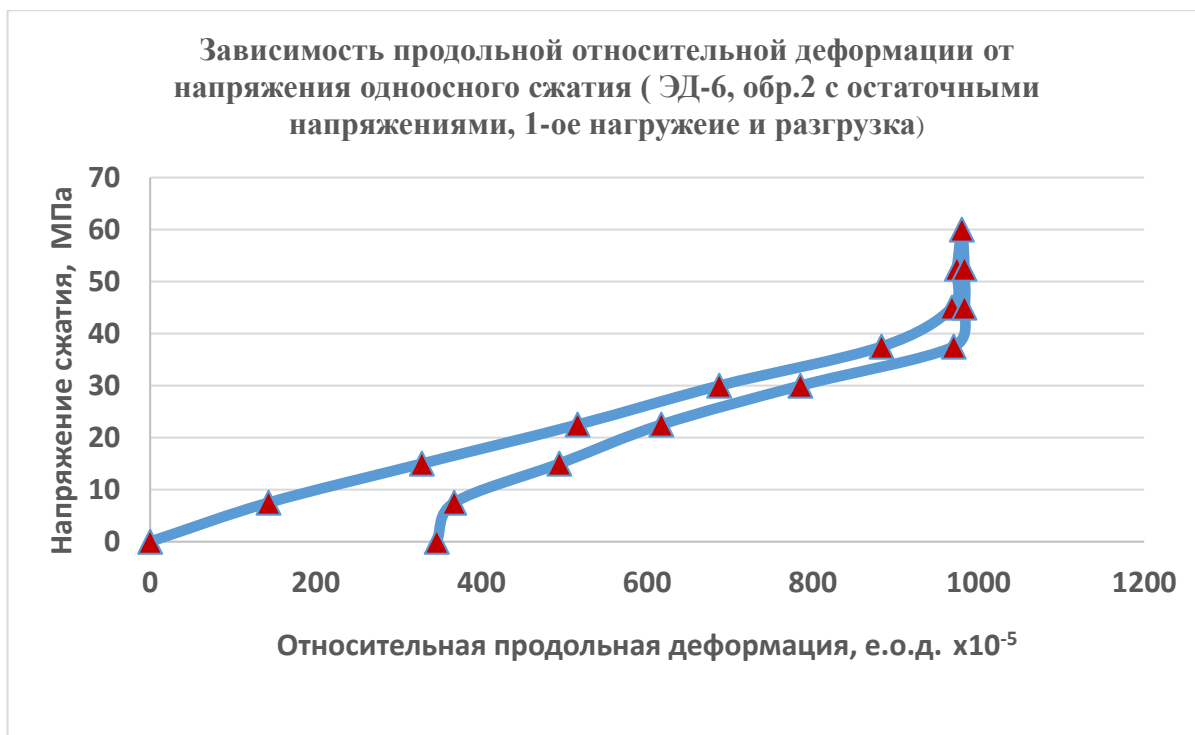


Рисунок 12 - График продольной деформации при первом нагружении и разгрузке образца 2

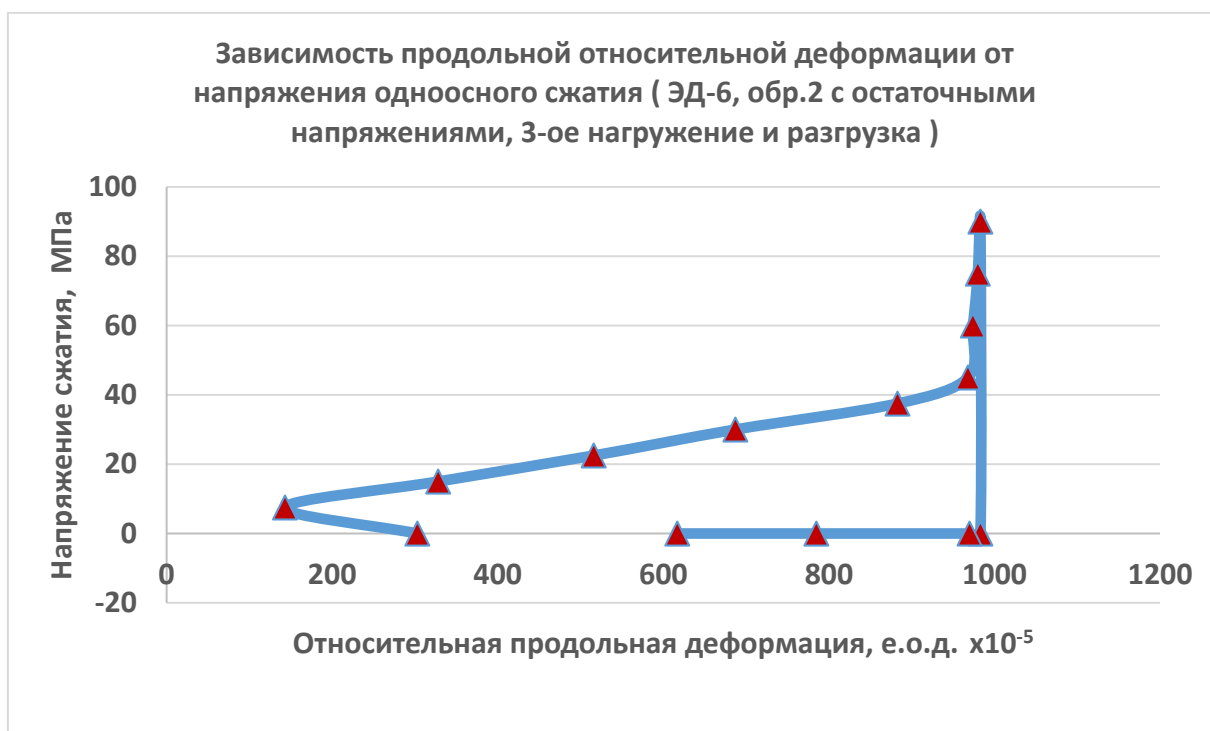


Рисунок 13 - График продольной деформации при третьем нагружении и разгрузке образца 2

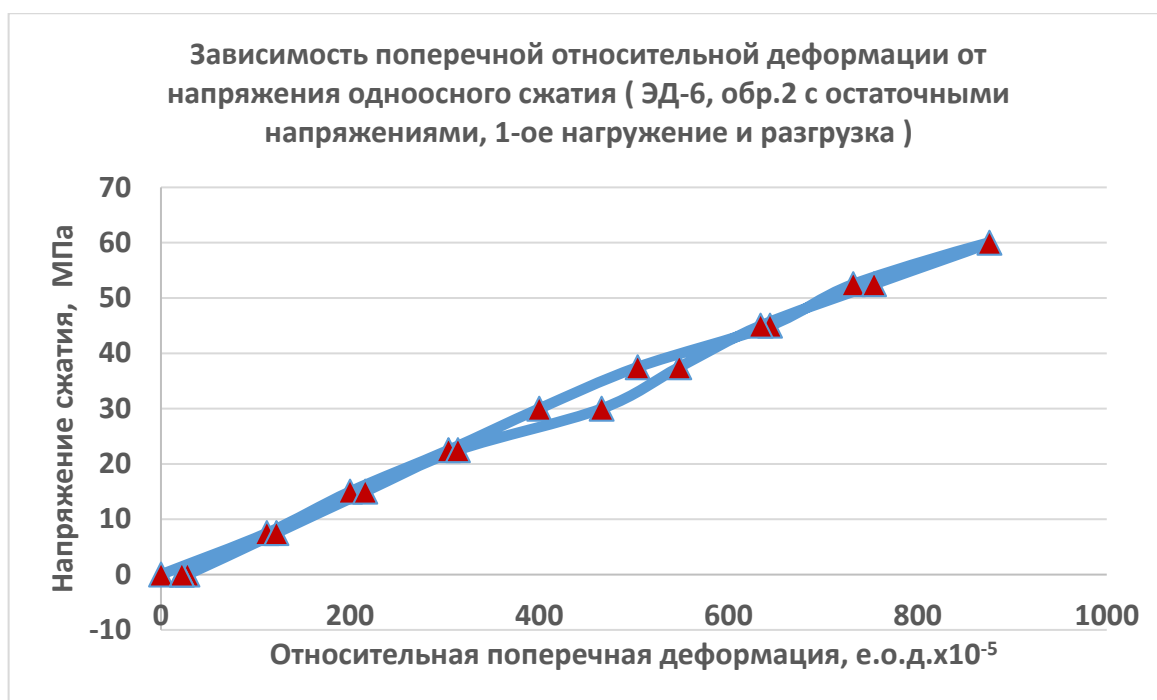


Рисунок 14 - График поперечной деформации при первом нагружении и разгрузке образца 2

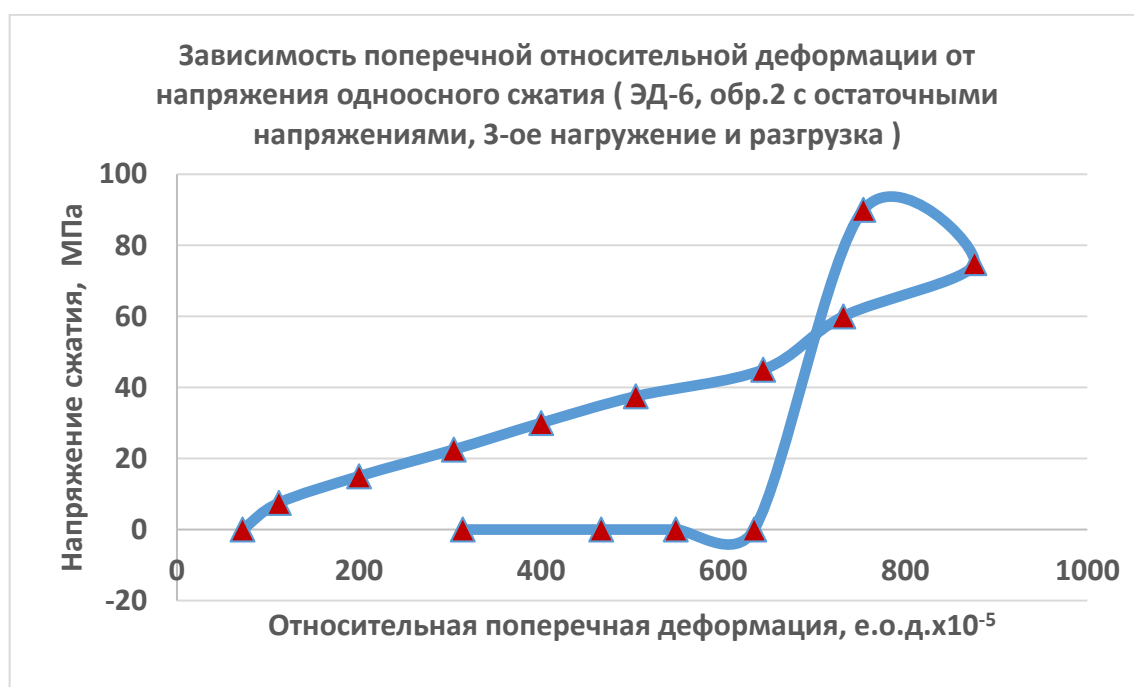


Рисунок 15 - График поперечной деформации при третьем нагружении и разгрузке образца 2

Следует отметить, что вышеуказанные данные об аномальных деформациях и разрушениях рассмотренных образцов с остаточными напряжениями подтверждают правомерность положений научного открытия И.Т. Айтматова и К.Т. Тажибаева «Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах», сущность которого заключается в обусловленности скачкообразных и знакопеременных деформаций остаточными напряжениями в условиях нарушения их равновесия внешней нагрузкой [2,4].

Следует также особо отметить, что при испытании образца 3 нами был выявлен процесс образования трещин при разгрузке и отсутствии внешней нагрузки, а также

долговременного (десятилетие) развития опережающих мелких эшелонов трещин при полном отсутствии внешней нагрузки за счет имеющихся остаточных напряжений.

Для сравнения характеров деформирования и разрушения модельных образцов, которые содержат разные уровни остаточных напряжений, с характером деформации образцов без остаточных напряжений были проведены испытания на одноосное сжатие образцов № 5 и № 11 (рис. 16 и 17), из которых путем обжиговой технологии были сняты остаточные напряжения [5].

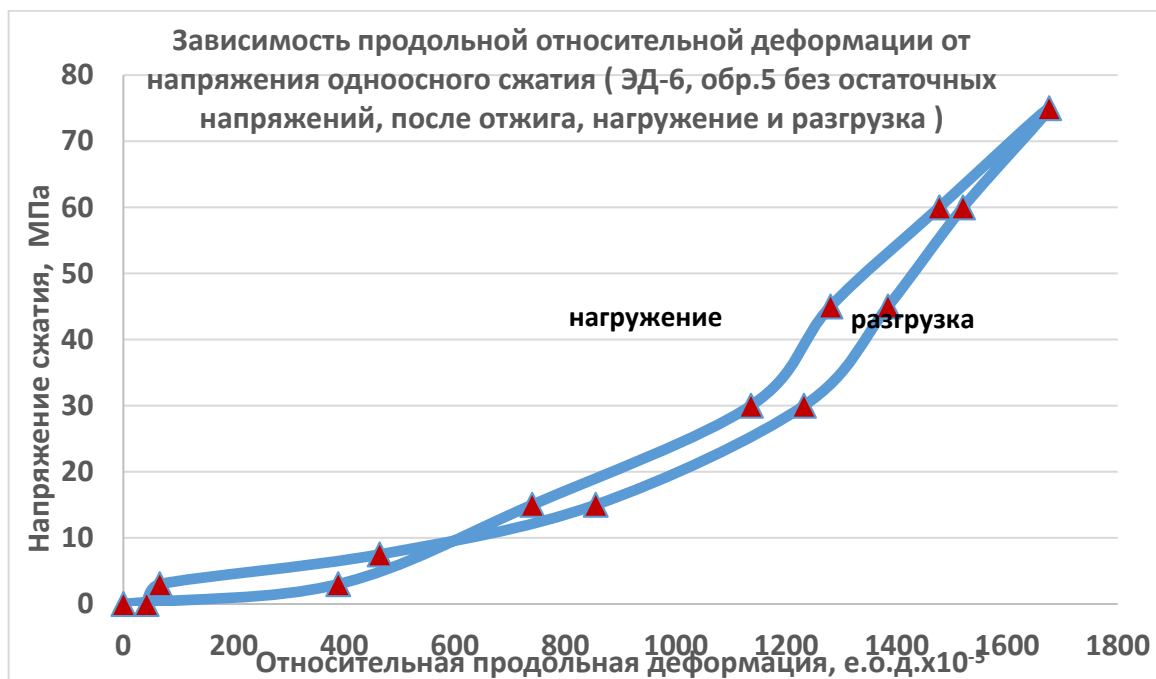


Рисунок 16 - График продольной деформации при нагружении и разгрузке образца 5 без остаточных напряжений

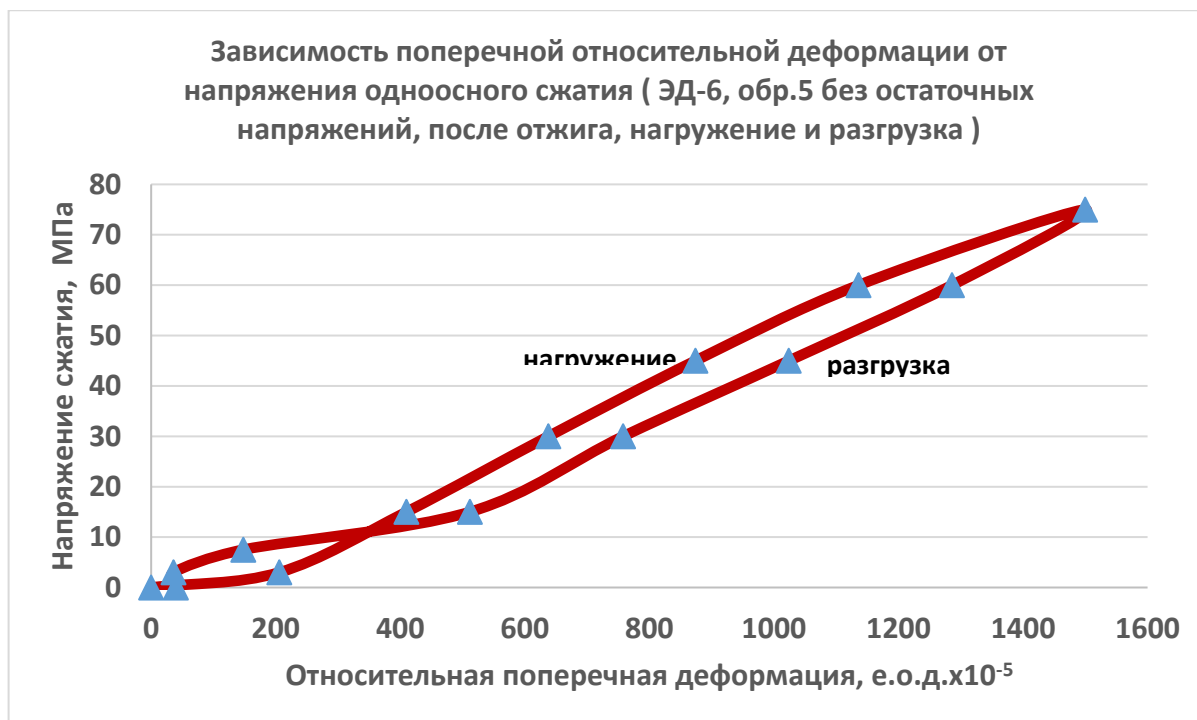


Рисунок 17 - График продольной деформации при нагружении и разгрузке образца 5 без остаточных напряжений

Образец 5 без остаточных напряжений (после отжига) так же по стандартной методике подвергался нагружению при одноосном сжатии и разгружался ступенчато. При этом измерение продольной и поперечной деформации образца проводился также по вышеуказанной методике. Из рисунка 16 видно, что в начале нагружения до уровня напряжения 30 МПа идет более интенсивная продольная деформация, подобно интенсивной деформации многих горных пород за счет интенсивной деформации границ зерен из-за их закрытия и уплотнения горной породы в начале нагружения, а выше напряжения 30 МПа уплотненный материал, оказывая более значительное сопротивление обуславливает снижение интенсивности продольной деформации. Интенсивная деформация поперечной деформации заканчивается при незначительном уровне напряжения в начале нагружения (рис.17).

Образец 5 (без остаточных напряжений) при ступенчатой нагрузке и разгрузке выдержал нагрузку 13000 кгс (напряжение порядка 130 МПа) без возникновения трещин, без разрушений, претерпев упругопластическую деформацию, приведшую к изменению формы образца в виде изгиба (см. рис. 1). Как видно из рисунков 16 и 17, в образце 5, как при нагружении, так и разгрузке, никаких скачков продольной и поперечной деформации не наблюдается.

На основании анализа результатов проведенных исследований пришли к следующим выводам:

1. В результате ступенчатой нагрузка и разгрузка и при одноосном сжатии было выявлено то, что образцы без остаточных напряжений выдерживают относительно большие нагрузки без возникновения трещин, без разрушений, претерпевая упругопластические деформации, которые приводят к изменению формы образца, но при этом как при нагружении, так и разгрузке, никаких скачков продольной и поперечной деформации не наблюдается.
2. Установлено, что ступенчатое нагружение образцов, имеющих остаточные напряжения, до относительно высоких значений не приводит к разрушению образцов, но при разгрузке в разных частях образца образуются продольные и поперечные трещины, происходят скачкообразные изменений продольной и поперечной деформации данного образца, т.е идет процесс активного перераспределении имеющихся остаточных напряжений, способных развивать трещины и приводить к саморазрушению образцов.

Список литературы

1. Айтматов, И.Т. Исследование полей остаточных напряжений в оптически активных модельных образцах и их влияния на процессы деформирования и разрушения [Текст] / И.Т. Айтматов, К.Т. Тажибаев, Г.О. Казакбаева // Современные проблемы механики. №33(3), - Бишкек: 2018. – С. 271-279.
2. Айтматов, И.Т., Тажибаев К.Т. Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах: диплом на научное открытие (диплом № 90, № а-109 от 29.04.1998 г.), выданный международной ассоциацией авторов научных открытий и российской академией естественных наук (Москва), 1998. / Потоцкий В.В. регистрация научных открытий (методология и практика). – М.: 2004. - 356 с.
3. Айтматов, И.Т. Особенности пространственного распределения остаточных напряжений и их влияние на деформации и разрушение горных пород [Текст] / И.Т. Айтматов, К.Т. Тажибаев, Г.О. Казакбаева // Геодинамика и напряженное состояние недр земли: Тр. межд. конф. 6–9 окт. 2003 г. – Новосибирск: 2004. – С. 217-222.
4. Тажибаев, К.Т. Условия динамического разрушения горных пород и причины горных ударов [Текст] / К.Т. Тажибаев. – Фрунзе: Илим, 1989. – 179 С.
5. Хаимова-Малькова, Р.И. Методика исследования напряжений поляризационно-оптическим методом [Текст] / Р.И. Хаимова-Малькова. – Москва: Наука, 1970. – 115 с.

УДК 625.7, 624.21(691)

DOI:10.56634/16948335.2025.3.833-839

И.Б. Акмурадов¹, Р.М. Айткожаева¹, Л.А. Каимбаева¹, Т.Р.Кошоева²

^{1,2,3} Казак улуттук агрардык изилдөө университети, Алматы, Казакстан

² И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

^{1,2,3} Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
Алматы, Казахстан

² КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

I.B. Akmuradov¹, R.M. Aitkozhaeva¹, L.A. Kaimbaeva¹, T.R. Koshoeva²

^{1,2,3} Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

² Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

¹elecmanakmuradov@mail.ru, ²kleila1970@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТА ДЛЯ ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЗЬЕГО МОЛОКА

ЭЧКИНИН СҮТҮНӨН БАЛДАР ҮЧҮН ПРОДУКЦИЯ ӨНДҮРҮҮ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

PRODUCT TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR CHILDREN USING GOAT'S MILK

Эчкинин сүтү малдын продуктусу катары, ар кандай тамак-аш азыктарын, анын ичинде балдар тамак-ашын өндүрүү үчүн стратегиялык чийки зат болуп саналат. Сүт тармагын өнүктүрүүдө эчкинин сүтүнөн менен балдар үчүн кургак сүт боткосун иштеп чыгуу технологиясын түзүүгө болот.

Түйүндүү сөздөр: эчкинин сүтү, кургак сүт боткосу, балдар тамак-ашы, сүт өнөр жайы.

Козье молоко, как продукт животноводства, является стратегическим сырьем для производства разнообразных продуктов, в том числе и продуктов для детского питания. Разработка технологии сухих молочных каш на основе козьего молока представляет собой перспективное направление в детском питании и способствует расширению ассортимента молочной продукции.

Ключевые слова: козье молоко, сухие молочные каши, детское питание, молочная промышленность.

Goat's milk, as a product of animal husbandry, is a strategic raw material for the production of a variety of products, including baby food. With the development of the dairy industry, it is possible to create a technology for the development of powdered milk porridges for children using goat's milk.

Key words: goat's milk, powdered milk porridges, baby food, dairy industry.

В Республике Казахстан до начала 2000-х годов существовала система снабжения детей специализированным молочным питанием посредством сети молочных кухонь. Эти учреждения представляли собой миниатюрные производственные комплексы, оснащённые простым оборудованием и выпускавшие ограниченный ассортимент детских молочных продуктов. Несмотря на скромные технические возможности, данная система успешно удовлетворяла потребности населения. Однако в середине 2000-х годов под воздействием

экономического кризиса и вследствие значительного сокращения государственного финансирования, функционирование молочных кухонь было практически прекращено [1, с. 7-11]. Материально-техническая база на данный момент устарела и перестала соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям, что вызвало резкое сокращение их числа по всей республике.

Тем не менее, в последующие годы наблюдается тенденция к восстановлению системы молочных кухонь, чему способствовали усилия отечественных учёных и возобновление государственной поддержки. В настоящее время на территории Казахстана функционирует порядка 60 молочных кухонь, размещённых при детских лечебно-профилактических учреждениях и обеспечивающих питание детей до одного года на основании медицинских показаний. Однако, несмотря на социальную значимость их деятельности, ассортимент выпускаемой продукции остаётся крайне ограниченным (в основном творог и кефир), а перебои с поставками сырья препятствуют полноценному обеспечению потребностей младенцев. В частности, в городе Алматы, при численности детей до одного года свыше 45 тысяч человек, функционируют лишь две молочные кухни [2].

Отечественные производители, в свою очередь, ориентированы преимущественно на выпуск молочных продуктов для детей старше трёх лет — йогуртов, творожных десертов и молока с добавками. Таким образом, сегмент питания для детей от рождения до трёх лет на внутреннем рынке преимущественно заполняется продукцией зарубежных брендов, что свидетельствует о необходимости развития отечественного производства в данном направлении.

Учитывая все это, следует вывод о том, что продукция молочной промышленности Казахстана имеет больше спроса, чем востребованности. Что касается ассортимента молочной продукции, то он разнообразен. Известно, что для производства молочных продуктов используется молоко, как основное первичное сырьё. Вторичное сырьё (сыворотка, пахта и пр.), также имеет спрос, но в более меньшем количестве. В ассортименте молочного сырья отдельное внимание заслуживает козье молоко, которое довольно редко используется в Казахстане, особенно для производства детских продуктов.

Козье молоко представляет собой природный продукт, вырабатываемый молочными железами самок коз, и традиционно используется как для кормления новорождённых животных, так и в питании человека. В последние годы оно всё чаще рассматривается в качестве перспективного сырья для детского питания, благодаря высокой усвояемости, благоприятному аминокислотному составу и меньшей аллергенности по сравнению с коровьим молоком. Эти свойства делают козье молоко актуальным компонентом при разработке специализированных продуктов для детей раннего возраста.

Козье молоко характеризуется белым цветом, ярко выраженным желтым оттенком, сладостью, приятным ароматом и по составу и природе близко к молоку коровьему [3, с. 67-69].

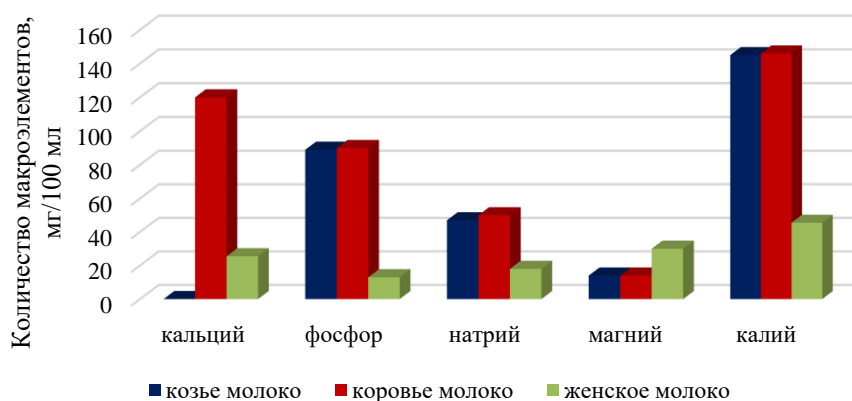


Рисунок 1 – Сравнительный минеральный состав разных видов молока, мг/100 мл

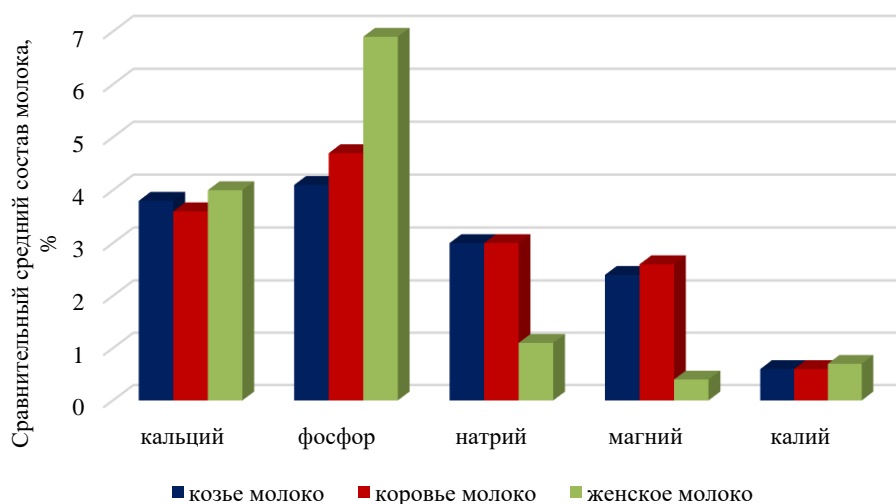


Рисунок 2 – Сравнительный средний состав молока

В козьем молоке содержится больше белка, чем в других аналогичных детских смесях, и больше белка, чем в женском молоке.

Козье молоко содержит такие минералы, как натрий, калий, кальций и фосфор. Белковый состав козьего молока существенно отличается от коровьего, что обусловлено, в частности, отсутствием в нём А1-бета-казеина — варианта казеинового белка, характерного для большинства пород коров. Согласно данным ряда исследований, в процессе пищеварения А1-бета-казеин расщепляется с образованием бета-казоморфина-7 (ВСМ-7) — опиоидного пептида, обладающего биологической активностью. Установлено, что ВСМ-7 может вызывать воспалительные процессы в кишечнике, повышать секрецию муцина и снижать физическую активность организма. Также отмечается, что воспалительная реакция может приводить к нарушению микробиоты кишечника и снижению эффективности усвоения лактозы [2, с. 16–19].

В этом контексте отсутствие А1-бета-казеина в козьем молоке представляет особый интерес для детского питания, особенно для детей с повышенной чувствительностью к белкам коровьего молока. Благодаря более мягкому воздействию на пищеварительную систему и лучшей переносимости, козье молоко рассматривается как перспективная альтернатива при разработке функциональных продуктов для детей раннего возраста.

Фактически, из-за этого факта снижается риск болезней ЖКТ за счет отсутствия белка А1-бета-казеина.

Анализ исследований в области разработки технологий сухих молочных каш для детей показал, что процесс производства сложен и требует особого подхода, так как продукты для детского питания должны соответствовать высоким стандартам безопасности и питательности [3].

Особенности производства детских каш:

- они производятся с учётом безопасности малышей, исключаются потенциально вредные компоненты;
- питательная ценность: каши содержат сбалансированный комплекс белков, жиров, углеводов и витаминов, что способствует здоровому развитию ребенка;
- легкость усвоения: для детей важно, чтобы продукт был легко перевариваемым, гипоаллергенным и обеспечивал максимальное усвоение питательных веществ.

Таким образом, процесс производства сухих молочных каш для детей включает в себя не только обычные этапы производства, но и дополнительные меры, направленные на обеспечение безопасности и высокой питательной ценности продукта.

Цель исследования: разработка рецептур сухих молочных каш для детей с применением козьего молока для расширения ассортимента молочных продуктов и последующего внедрения технологии в отечественный рынок республики Казахстан.

Методы исследования.

Экспериментальные исследования проведены в ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности». В работе применены общепринятые в технологии молочной промышленности методы исследования:

- определение физического и химического состава козьего молока согласно следующим стандартам (сравнительный анализ учтен): ГОСТ 26754 [3, с. 3-8], ГОСТ 3625 [4, с. 3-12], ГОСТ 22760 [5, 6, с. 3-7], ГОСТ 23327 [7, 8, с. 3-11], ГОСТ 3626 [10, с. 3-12];
- проведение сравнительного и органолептического анализа двух проб готовой сухой молочной каши, согласно стандарту ГОСТ ISO 6658-2016. [11, с. 3-14].
- проведение микробиологического анализа двух проб готовой сухой молочной каши на предмет присутствия/отсутствия, согласно стандарту ГОСТ 9925-84 [9, с. 3-12]

В экспериментах использовался анализатор молока «Лактан – ЛК-600 УЛЬТРАМАКС», способный провести анализ как обычного козьего молока, так и восстановленного сухого. В соответствии с этим, подготовлены два образца для анализа.

Результаты исследования и их обсуждение.

В первом варианте рецептуры сухой каши из козьего молока использованы такие ингредиенты, как пшеница (экструдированная, мелкозерновая), сухое козье молоко, сахар, мальтодекстрин, премикс – смесь витаминов (А, D, Е, С, группа В), минеральные вещества, соль и вода. Для приготовления каши необходимо смешать все сухие ингредиенты и упаковать в герметичный пакет (саше). После вскрытия содержимое пакета необходимо в 180-200 мл теплой воды или молока, тщательно размешать до получения однородной консистенции.

Таблица 1 – Состав рецептур сухих молочных каш для детей из козьего молока

№	Ингредиент	Рецептура №1	Рецептура №2
1	Вода питьевая, мл	180	180
2	Пшеница (экструдированная, мелкозерновая), г	50	-
3	Овес (экструдированный, мелкозерновой)	-	50
4	Козье молоко (сухое), г	40	40
5	Сахар, г	10	10
6	Мальтодекстрин, г	5	5
7	Премикс – смесь витаминов (А, D, Е, С, группа В), г	0,5	0,5
8	Минеральные вещества, г	1	1
9	Соль, г	0,2	0,2

Особенностями разработанных рецептур сухих детских каш на основе сухого козьего молока является то, что козье молоко намного легче усваивается детьми, чем коровье, и реже вызывает аллергические реакции, за счет наличия витамина β -каротина и отсутствия распространенных аллергенов. Экструдированное зерно пшеницы, в сочетании с козьим молоком, является хорошим источником углеводов, белков и жиров. Добавленные витамины и минералы будут способствовать полноценному развитию детей до 1 года. Овсяные хлопья имеют низкий гликемический индекс, что помогает поддерживать уровень сахара в крови стабильным. Кроме того, овсяные хлопья дешевле пшеницы, и безопасны с точки зрения воздействия на организм – в них меньше глютена, что снижает риск аллергической реакции.

Продукт должен быть приготовлен с учетом всех стандартов для детского питания, без использования искусственных красителей, консервантов и других потенциально опасных веществ.

Для восстановления сухого козьего молока использовали порошок фирмы FOODEXCO и воду. Для приготовления каш смешивали ингредиенты в соотношении 1/8 (10 г порошка на 80 мл воды), интенсивно перемешивали на протяжении 10 минут и оставляли на 15 минут для того, чтобы белки в молоке могли разбухнуть. Готовый продукт исследовали через анализатор «Лактан – ЛК-600 УЛЬТРАМАКС». Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа сухого восстановленного козьего молока и обычного пастеризованного молока

Показатели	Восстановленное сухое козье молоко	Пастеризованное козье молоко
Жир, г	3,43	3,52
Белок, г	4,21	4,33
Сухой обезжиренный молочный остаток, г	12,4	13,3
Лактоза, г	3,91	4,18
Плотность, кг/м ³	1024,11	1025,55
Темп. замерзания, °С	-0,47	-0,49
Минеральные вещества, г	0,60	0,63
Общий белок, г	2,79	2,79
Калорийность, ккал	61,21	67,57

Результаты анализа сухого восстановленного козьего молока и пастеризованном молоке показали, что содержание жира и белка незначительно отличается. Содержание сухого обезжиренного молочного остатка меньше на 0,9 г в восстановленном сухом козьем молоке, чем в пастеризованном козьем молоке. Восстановленное сухое козье молоко характеризуется немного более низким содержанием лактозы и минеральных компонентов по сравнению с пастеризованным козьим молоком. Сравнительный анализ физических показателей обоих видов молока показал, что плотность пастеризованного козьего молока выше на 1,44 кг/м³. Температура замерзания в обоих видах молока одинаковая, а калорийность незначительно отличается. Так, в восстановленном сухом козьем молоке составила 61,21, ккал, а в пастеризованном козьем молоке 67,57 ккал.

После получения результатов с анализатора, были изготовлены по разработанным рецептурам образцы сухих молочных каш для последующего органолептического анализа (рисунок 3).



Рисунок 3 – Изготовленные образцы сухих молочных каш с разными рецептурами

После был проведен органолептический анализ. При проведении органолептического анализа получили следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты органолептического анализа

Наименование изделий	Внешний вид, форма, цвет	Консистенция, плотность	Запах, аромат	Вкус
Вариант №1 (с измельченной пшеничной крупой)	густая однородная масса ярко-коричневого цвета	пластичная, вязкая	приятный, выраженный запах пшеничной крупы	приятный
Вариант №2 (с измельченными овсяными хлопьями)	густая однородная масса бежевого цвета	пластичная, вязкая	приятный, выраженный запах овсяных хлопьев	приятный

Анализ органолептических показателей каш, приготовленных по двум рецептурам, показал, что они имели пластичную, вязкую консистенцию, приятный запах и вкус, однако отличались по запаху и цвету.

Подготовка твердой и жидкой среды по государственному стандарту для микробиологического анализа двух проб сухих молочных каш пройдена успешно. Были получены следующие результаты (таблица 4):

Таблица 3 – Результаты микробиологического анализа

ГОСТ 9925-84. Определение бактерий группы кишечных палочек (БГКП)	БГКП не допускаются	Образец №1	Образец №2
		Не обнаружено	Не обнаружено

Анализ двух проб сухих молочных каш на предмет присутствия бактерий группы кишечных палочек показал, что в них отсутствуют соответствующих патогенов. Фактически, образцы доказали свою пригодность к употреблению продукта детьми.

Заключение. Анализ свойств восстановленного сухого козьего молока в сравнительном аспекте с пастеризованным козьим молоком показал, что оба вида имеют незначительные отличия. В целом, восстановленное сухое молоко можно рекомендовать для приготовления каши для детского питания.

С учетом динамичного развития сегмента аграрного рынка республики Казахстан молочного рынка, разработка технологии и рецептур каш для детского питания является перспективным направлением.

Список литературы

1. Гуськов, В.В. БТА Аналитика. Инвестиционная привлекательность рынка продуктов детского питания [Текст] / В.В. Гуськов, В.Н. Забусова. - Алматы: 2008. – 18 с. – С. 7-11.
2. Статистика города Алматы по числу граждан. Итоги социально-экономического развития региона на 2024 год [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/ru/region/almaty/>
3. Непорожная, Е.Ю. Методика оптимизации рецептур сухих каш для детского питания на основе закона смешивания компонентов [Текст] / Е.Ю. Непорожная, С.В.

Усатилов, Г.П. Овчарова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. - Краснодар: №4. -2006. - С. -103.

4. Кузьменко, Н.Б. Роль β -казеина в питании детей первых лет жизни [Текст] / Н.Б. Кузьменко // Лечащий врач. – 2016. - № 1. - С. 16-19.

5. ГОСТ 26754 – 2014. Определение температуры [[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294827/4294827721.pdf>

6. ГОСТ 3625 – 2014. Определение плотности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/129/12914.pdf>

7. ГОСТ 22760 – 2015. Определение массовой доли жира [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294831/4294831195.pdf>

8. ГОСТ 23327 – 2014. Определение массовой доли белка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294830/4294830728.pdf>

9. ГОСТ 9925-84. Определение бактерий группы кишечных палочек (БГКП) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294830/4294830728.pdf>

10. ГОСТ 3626 – 2011. Определение кислотности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/369/36972.pdf>

11. ГОСТ ISO 6658 – 2016. Органолептический анализ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751847.pdf>

А.С.Борисова, Ж.О.Бекова, М.Т.Тынарбекова, Р.Ш.Элеманова

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Borisova, J.O.Bekova, M.T. Tynarbekova, R.Sh. Elemanova

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

akbermetborisova29@gmail.com, bjanara1636@gmail.com, mtynarbekova@kstu.kg,

elemanova@kstu.kg

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУРЫ БЕЛКОВО-РАСТИТЕЛЬНОЙ ПАСТЫ

БЕЛОК-ӨСҮМДҮК ПАСТАСЫНЫН РЕЦЕПТУРАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ МАСЕЛЕСИ

TO THE ISSUE OF DEVELOPMENT OF PROTEIN-VEGETABLE PASTE FORMULATION

Макалада белок-өсүмдүк пастасынын композициялык рецептурасын түзүү маселеси каралат. Тамак-аш, биологиялык баалуулугу жана органолептикалык сапаттардын ортосундагы тең салмактуулукту камсыз кылган компоненттерди тандоого көңүл бурулат. Ак жана кызыл төө буурчак белоктун негизи катары ошондой эле физиологиялык-функционалдык ингредиенттер дагы колдонулат.

Түйүндүү сөздөр: төө буурчак, рецептура, белок-өсүмдүк пастасы, органолептикалык көрсөткүчтөр, физиологиялык-функционалдык ингредиенттер, дескрипторлор.

В статье рассматривается вопрос составления композиционной рецептуры белково-растительной пасты. Основное внимание уделено выбору компонентов, которые обеспечивают баланс между пищевой, биологической ценностью и органолептическими качествами. В качестве белковой основы использована белая и красная фасоль, а также другие источники физиологически-функциональных ингредиентов.

Ключевые слова: фасоль, рецептура, белково-растительная паста, органолептические показатели, физиологически-функциональные ингредиенты, дескрипторы.

The article discusses the issue of compositional formulation of protein-vegetable paste. The main attention is paid to the selection of components that ensure a balance between nutritional, biological value and organoleptic qualities. White and red beans, as well as other sources of physiologically functional ingredients, are used as the protein base.

Key words: beans, recipe, protein-vegetable paste, organoleptic parameters, physiologically-functional ingredients, descriptors.

Одним из важнейших факторов, определяющих здоровье человека, является питание. Своевременность приема пищи, ее качество и количество относятся к базовым составляющим здорового образа жизни, влияющими на жизнеспособность человека. Наблюдаемое до 2016 г. снижение продолжительности жизни, повышение заболеваемости и смертности населения в определенной степени связывают с нарушением принципов здорового питания, ухудшением баланса и режима питания [1]. В структуре питания

населения наблюдается снижение потребления мясных, молочных, рыбных продуктов, растительных масел, овощей и фруктов, относящихся к биологически ценным. Одновременно отмечено увеличение потребления углеводсодержащих продуктов, в особенности, хлеба и картофеля. Нарушения пищевого статуса проявляется в дефиците белков животного происхождения, достигающего 15-20% от рекомендуемых величин, особенно для групп населения с низкими доходами; наблюдается выраженный дефицит большинства эссенциальных нутриентов – полиненасыщенных жирных кислот, витаминов. Дефицит витамина С составляет 70-100% у более половины населения, фолиевой кислоты и витаминов группы В – 60-80%, β -каротина – 40-60%. Серьезной является проблема недостатка ряда минеральных веществ и микроэлементов (кальций, железо, йод, цинк, селен, фтор). Значителен в рационе питания населения и дефицит пищевых волокон [1].

Продолжительное неправильное, нерациональное питание является фактором повышенного риска развития заболеваний: онкологические заболевания (рак молочной железы и желудочно-кишечного тракта), алиментарными факторами риска которых являются наличие в пищевых продуктах канцерогенных добавок (нитрозаминов, бенз(а)пирена, нитратов и др.), повышенное потребление соли и жиров, а также заболевания сердечнососудистой системы, которые могут быть вызваны повышенным содержанием холестерина в крови; ожирение, вызванное высоким потреблением жиров на фоне малой физической активности; нарушения работы желудочно-кишечного тракта, обусловленное низким содержанием в продуктах пищевых волокон; остеопорозы - изменение состава костей, обусловленное потерей кальция [1]. Таким образом, основные проблемы здоровья, связанные с алиментарным фактором, обусловлены дисбалансом важнейших питательных веществ (белков, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов) [1].

В настоящее время для восполнения дефицита белка активно используются белковые ресурсы зернобобовых культур, объем производства которых за последние 10 лет увеличился на 10%. Бобовые культуры (фасоль, горох, люпин, чечевица, маш, нут) характеризуются высоким содержанием белка – от 20 до 40% – не только в семенах, но и в вегетативных частях [1].

Зерна фасоли обладают высокой калорийностью (336 ккал в 100 г сухих семян) и по энергетической ценности превосходят говядину более чем в два раза, рыбу – в семь раз, значительно питательнее других пищевых продуктов [2].

По количеству содержащихся белков фасоль приближается к мясу и превосходит рыбу. В мясе, например, содержится 20-22% белков, в рыбе 18-19%, а в отдельных сортах фасоли – 32%. Белки фасоли легко растворяются в воде, в растворах нейтральных солей, в слабых растворах щелочей. Эти фракции белка легко усваиваются организмом. Усвояемость белка фасоли в зависимости от кулинарной обработки доходит до 87% и выше [3].

Различные сорта фасоли характеризуется отличием химического состава семян. Как отмечает Г.Б. Демиденко (1971) главным веществом, определяющим пищевое значение фасоли и других зерновых бобовых культур является белок. Важную роль играют также сахара, жиры и минеральные вещества. Ценность белка заключается в том, что его дефицит в организме человека не восполняется ничем, в то время как жироподобные вещества вырабатываются организмом из углеводов. Изменчивость химического состава зависит не только от сорта, но и от факторов внешней среды, таких как почвенно-климатические условия в период роста и развития (Иванов, 1961; Смирнова-Иконникова, Темина, Андреева, 1975; Володин, Зеленская, Путинцев, 1978; Константинов, 1978; Алексеев, 1978; Плешков, 1980) [4]. На рис. 1 представлены сорта, выращиваемые в Кыргызстане.

Лопатка (White kidney bean) 	Китайка 	Сахарный 
Элита 	Черная фасоль 	Ташкентский 
Боксер (Borlotto or Red Pinto) 	Пестрый 	Рябая (Cranberry bean) 
Гусиные лапки 	Юбка Rounded (Caparron) 	Мотоциклист 
Королевский 	Скороспелка 	Дичка 

Рисунок 1 – Сорта фасоли, выращиваемые в Таласской области [4]

Известно, что фасоль, выращиваемая в Таласской области, отличается своей устойчивостью к суровым климатическим условиям, что делает ее идеальным источником пищи в горных районах, где другие сельскохозяйственные культуры не могут выжить. Несмотря на то, что фасоль является отличным источником белка, население Кыргызстана его особо не употребляет. Местные фермеры в большой степени экспортируют свой урожай в другие страны.

Поэтому целью данного исследования является разработка рецептуры белково-растительной пасты путем обогащения источниками физиологически-функциональных

ингредиентов (ФФИ) с привлекательными для потребителя органолептическими характеристиками, на основе фасоли Таласской области.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования были выбраны 2 вида фасоли – сорт Лопатка белая и сорт Элита красный выращиваемых в Таласской области Кыргызской Республики и растительные источники ФФИ.

Подготовка фасоли. Предварительно зерна фасоли сортировали, калибровали, затем чистили от примесей и подвергали мойке. Подготовленное сырье замачивали в воде с температурой 20-25 °С на 6-8 часов. После замачивания фасоль подвергали варке в воде при температуре 100-120 °С в течение 2-2,5 часов до полной готовности. Сваренную фасоль измельчали на блендере (марки Moulinet Optima, тип LM478, LM47V) до однородной массы в течение 10-15 мин. Готовую фасолевую пасту использовали для смешивания с другими компонентами.

Подготовка ингредиентов. Грецкий орех очищали и замачивали в теплой воде в течение 6-12 часов. Затем орех помещали в сушильный шкаф (электрическая сушилка для овощей и фруктов Gem lux. Модель: GL-IR500) выкладывая в один слой так, чтобы между ними оставалось пространство для циркуляции воздуха и сушили с приоткрытой дверцей сначала при температуре 40-50° С, затем при температуре 70° С примерно 4 часа. Шпинат замачивали на 15 минут в холодной воде, затем в дуршлаге обдавали крутым кипятком и дали стечь воде. При бланшировании у шпината снижается содержание щавелевой кислоты на 70–90%. Кроме того, термическая обработка в виде запаривания позволяет снизить фитиновую кислоту. Морковь (сорт Самсон) сначала подвергали мойке. Варили в воде при температуре 95-100 °С в течение 25-30 минут. Петрушку тоже замачивали на 15 минут в прохладной воде, затем в дуршлаге обдавали крутым кипятком и дали стечь воде. Куркуму и черный перец использовали (производитель ОсОО «ТАТЫМАЛ ГРУПП» страна Кыргызская Республика) в готовом упаковке в виде порошка. Все подготовленные ингредиенты измельчали на блендере до однородной массы.

Были использованы органолептические методы анализа для характеристики целевых продуктов.

Выбор компонентов источников ФФИ.

Для обогащения фасолевой пасты необходимыми ФФИ, улучшающими как биологическую ценность, так и привлекательными органолептическими показателями подобраны следующие компоненты.

Грецкий орех. В орехе содержатся липиды, в число основных компонентов которого входят глицериды различных кислот (стеариновой, пальмитиновой, линоленовой, олеиновой). Богат грецкий орех аминокислотами, такими как аспарагин, валин, гистидин, глутамин, серен, цистин, фенилаланин, а также эфирными маслами и дубильными веществами. Орехи по своей пищевой ценности можно отнести к натуральным биоконцентратам. При низком содержании влаги, орехи имеют уникальный комплекс микро- и микронутриентов. С древних времен считается, что орехи активизируют физическую и умственную активность, способствуют долголетию, обеспечивают энергетический баланс в организме человека. Белки грецкого ореха, как и все белки растительного происхождения, усваиваются быстрее, чем белки из молока и мяса, при этом не требуют лишних затрат энергии. При этом наблюдается обильное насыщение крови, сердца, кожных и волосных покровов аминокислотами, а также положительное влияние на развитие костно-мышечных тканей. Как многие растительные продукты, орехи не содержат холестерина. В 100 г грецкого ореха содержится 9 суточных норм нужных нам жиров. Продукт содержит витамины группы В, а также витамины А, С, Е, К, Н и РР. Грецкие орехи выступают ценным источником бета-каротина и дубильных веществ. В химическом составе продукта присутствуют железо, калий, йод, магний, кальций, медь, фосфор и множество других полезных минералов. Исследователями показан противоопухолевый эффект грецких орехов. В качестве антиоксидантов выступают фосфолипиды, каротиноиды, фенольные вещества,

стиролы, токотриенолы и токоферолы, аскорбиновая кислота, являющиеся естественными компонентами растительных клеток [5].

Петрушка. В петрушке содержится примерно в 2,5-3 раза больше витамина С, чем в лимоне. Причём растения, выращенные в северных регионах, гораздо богаче (иногда – в 4-5 раз) витамином С, чем их южные «родственники». Кроме того, в петрушке представлены и витамины группы В, которые в биологических процессах часто действуют в паре с аскорбиновой кислотой. В зависимости от разных условий выращивания, в петрушке содержится от 2 мг до 20 мг каротина (провитамина витамина А), В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), флавоноиды, никотиновая кислота. Богата эта зелень и витамином К, участвующим в синтезе белков, необходимых для нормальной свёртываемости крови и обмена веществ в мышечной и соединительнотканной тканях. Для получения суточной нормы витамина К достаточно съесть примерно 10 граммов петрушки. В петрушке содержится всего 36 ккал, минимум жиров (0,79%), небольшое количество белков (2,97 г на 100 грамм продукта) и углеводов (6,33%), что дополняется внушительной концентрацией разнообразных витаминов, аминокислот, микро- и макроэлементов. Главные компоненты (миристицин и апиол) эфирного масла петрушки достигают в свежих листьях до 0,3% и обладают антиоксидантными свойствами. Петрушка полноценно может насытить организм полезными витаминами и микроэлементами, а также эффективно защитить его от многих заболеваний. Широко применяется богатое эфирными маслами и уникальными микроэлементами растение и в современной народной медицине [6].

Лимонный сок. В лимонах содержится лимонная и аскорбиновая кислоты, сахара, витамины А, В1 и В2, флавоноиды, производные кумарина, сесквитерпены, пектины, соли калия и меди. Кожура лимона содержит эфирное масло и флавоноиды. К основным составляющим эфирного масла относятся терпен лимонен и альдегид цитраль. В составе лимонов 7,1% углеводов, находящихся в форме сахаров. В последних преобладают фруктоза и глюкоза, которые легко усваиваются. Кислотность плодов, собранных в конце осени возрастает до 8%, кислотность плодов, сорванных весной (апрель) – колеблется от 4% до 5%. Эфирные масла, содержащиеся в лимоне, обладают мощным бактерицидным действием. Витамин С содержится в лимонных плодах в стабильной форме, т.е. лимонный сок, который нагревают в течение 5 минут до температуры кипения, практически не теряет изначального количества витамина С (поэтому польза от лимона в сочетании даже с очень горячим чаем не уменьшается). Повышенное содержание витаминов в плодах обуславливает лечебные свойства лимона. Лимоны (в натуральном виде, с чаем, в виде сока, разбавленного водой) назначают при недостатке витаминов А и В, горячке, нарушениях минерального обмена, почечнокаменной болезни, подагре и ревматизме [7].

Шпинат. Шпинат входит в число лучших источников витамина К (0,483 мг на 100 г при суточной норме в 0,12 мг для взрослого мужчины). Достаточно богат витамином С (28,1 мг при норме 75-90 мг в день). В «десятке» растительных продуктов по содержанию витамина А (469 мкг на 100 г при суточной норме в 700 мкг для женщин и 900 мкг для мужчин). Очень богат витамином В9 – фолатами (194 мкг при суточной норме в 200 мкг для взрослого человека и 400 мкг – для беременных). По некоторым данным, листья растения (в зависимости от сорта, места и способов выращивания) содержат оксалатов от 100 мг/100 г до 800 мг/100 г. Шпинат выделяется очень высоким содержанием каротиноидов, по количеству лютеина (11,607 мг) значительно опережая другие огородные и садовые культуры. Много в нём, по сравнению с другими овощами, и зеаксантина – 331 мкг. Следует также отметить высокие концентрации (по отношению к дневной норме) марганца, бора и кремния в растении [8].

Морковь. Полезный некалорийный овощ, который содержит большое количество витаминов и минералов, необходимых организму для нормального функционирования. При варке овощ теряет много витамина С, но при этом в нём хорошо сохраняются витамины А и Е. Также высокие температуры разрушают клеточные стенки, позволяя различным питательным веществам высвободиться и лучше усвоиться в организме. К тому же учёные

утверждают, что термообработка моркови приводит к 35% повышению в ней уровня антиоксидантов. К слову, богатая антоцианами фиолетовая морковка имеет наибольшую антиоксидантную способность среди всех видов этого овоща. Морковь - настоящий клад бета-каротина (провитамина А) и один из основных природных источников его получения для организма. Под воздействием ферментов печени он превращается в витамин А (ретинол), который поддерживает работу многих внутренних органов и систем. Кроме того, ретинол принимает активное участие в регуляции синтеза белков, окислительно-восстановительных процессах в организме, а также способствует нормальному обмену веществ и работе иммунной системы. Этот витамин очень важен в процессе формирования скелета, зубов и ногтей. Он эффективен при себорее и ломкости волос, так как участвует в регулировке деятельности сальных желез. Помимо бета-каротина, за который так ценят морковь, в ней ещё содержатся значительные дозы витаминов группы В, С и Е [9].

Куркума. Куркума содержит эфирное масло (не менее 7%), богатое сесквитерпенами, тритерпенами, куркуминоиды (куркумин, бисдеметоксикуркумин, деметоксикуркумин), а также кампестерин, холестерин, жирные кислоты (олеиновая – 6,8%, линолевая, линоленовая, омега-3-, омега-6-жирные кислоты – 2,4 %), макро- и микроэлементы: кальций, железо, фосфор и йод. Порошок куркумы имеет характерный жёлтый цвет благодаря куркумину. Куркумин проявляет обезболивающее, антиоксидантное, антираковое, антисептическое, спазмолитическое, рассасывающее, бактерицидное, желчегонное и антисклеротическое действия. Известно, что куркумин вызывает гибель патологических опухолевых клеток, не влияя при этом на здоровые клетки. Употребление продуктов с содержанием куркумина не только приостанавливает рост, но и предотвращает появление новых злокачественных образований. Установлено, что широкий спектр его терапевтического воздействия на организм во многом обусловлен влиянием на систему «прооксидант-антиоксидант», а именно, мощными антиоксидантными свойствами [10].

Черный перец. У черного перца выявлены антиоксидантные, противовоспалительные, противоопухолевые, нейропротективные, гастропротективные, гипогликемические, гиполипидемические свойства. В составе горошков черного перца определены горький гликозид пиперин, эфирное масло, крахмал, витамины (Е, С, А, В1, В2, В4, В5, В6, В9, РР, К), ценные макроэлементы (калий, кальций, магний, натрий, фосфор) и микроэлементы (железо, медь, марганец, селен, цинк, фтор). Имеется информация о высокой эффективности куркумина в комбинации с пиперином (алкалоидом черного перца) в подавлении воспалительных и окислительных процессов в организме. При одновременном применении куркумы и пиперина усвояемость куркумина увеличилась до 200% [24]. Полифенол куркумин, содержащийся в куркуме, и алкалоид черного перца – пиперин, обладают мощными антиоксидантными и антибактериальными свойствами, что позволяет увеличить срок годности готового продукта. Функциональные ингредиенты куркумы и черного перца оказывают регулирующее действие на функции организма человека и могут приниматься неограниченно по времени [10].

Оливковое масло. Особую ценность для здоровья человека представляют содержащиеся в нем жирные кислоты и витамины А, D, Е. Благодаря наличию олеиновой кислоты оливковое масло благотворно влияет на сердечно-сосудистую систему – снижает риск инфарктов и инсультов, препятствует увеличению уровня холестерина, укрепляет стенки сосудов. Линолевая и линоленовая кислота относятся к незаменимым жирным кислотам, необходимым для нормальной жизнедеятельности организма человека [11]. Витамин Е является сильнейшим антиоксидантом, препятствует старению кожи, способствует заживлению ран, помогает лучше усваивать жирорастворимые витамины. Оливковое масло богато многими витаминами (А, D, Е, F, К). Регулярное употребление оливкового масла может привести к снижению риска различных заболеваний, таких как повышенное артериальное давление, диабет и ожирение, благодаря полифенолам, содержащимся в масле [12]. Оливковое масло – ценный диетический продукт с высоким уровнем содержания моновенасыщенных жирных кислот и полифенолов, в том числе омега-

9, омега-7 и омега-6. Оливковое масло также укрепляет костную и мышечную ткань, обладает противоопухолевым действием, улучшает деятельность пищеварительной системы, очищает организм от шлаков и свободных радикалов [13].

Выбранные источники ФФИ удовлетворяют современным требованиям науки о питании и могут быть рекомендованы для обогащения фасоловой пасты.

Для того чтобы продукт был не только полезен, но и привлекателен по органолептическим показателям, подготовлен ряд образцов с использованием вышеописанных источников ФФИ.

Полученные образцы фасоловой пасты проанализированы по органолептическим показателям (рис.2).



Рисунок 2 – Образцы 5 видов фасоловой пасты

Для описания органолептических показателей разработаны дескрипторы, характеризующие данный продукт и приведен в табл. 1. Воспринимаемую интенсивность выбранных дескрипторов оценивали по 5-балльной шкале.

Таблица 1 – Дескрипторы

№	Наименование показателя	Характеристика				
		1	2	3	4	5
1	Внешний вид	Непривлекательный	Менее привлекательный	Неоднородная, среднепривлекательный	Пастообразная с комочками	Мягкая, пастообразная
2	Цвет	Неприятный цвет		Тусклый цвет	Менее выраженный цвет	Свойственный добавленным ингредиентам
3	Консистенция	Неоднородная	Умеренно сухая	Средней однородности	Однородная с комочками	Мажущаяся, пастообразная масса, воздушная
4.	Запах	Неприятный запах	Специфический запах фасоли	Слабовыраженный	Приятный, ярко выраженный	Очень приятный, свойственный добавленным ингредиентам
5	Вкус	Горький	Кислый	Освежающий	Приятное послевкусие	Насыщенный с характерным вкусом добавленных ингредиентов

С целью определения оптимального рецептурного состава оценивали органолептические показатели полученных паст с привлечением комиссии экспертов в

составе 5 человек. В ходе сенсорного анализа участники оценили готовую фасолевую пасту по описанным дескрипторам. В результате органолептической оценки были выбраны наилучшие образцы с добавлением грецкого ореха, петрушки, куркумы, шпината и моркови. Органолептический анализ показал, что все образцы характеризовались приятным цветом и запахом, привкус бобовых при этом не ощущался. Внешний вид и консистенцию характеризовали как мягкую, однородную массу, мажущуюся, нежную. Вкус освежающий, легкий, без посторонних привкусов, свойственный данному виду продукта. Запах чистый без посторонних запахов, свойственный данному виду продукта, приятный, освежающий. Цвет от оранжевого до темно-зеленого, свойственный данному виду продукта, с включениями частиц измельченного, равномерно распределенного по всей массе. На основе результатов дегустационной оценки построена диаграмма 5 видов фасолевой пасты с добавками (рис. 3).

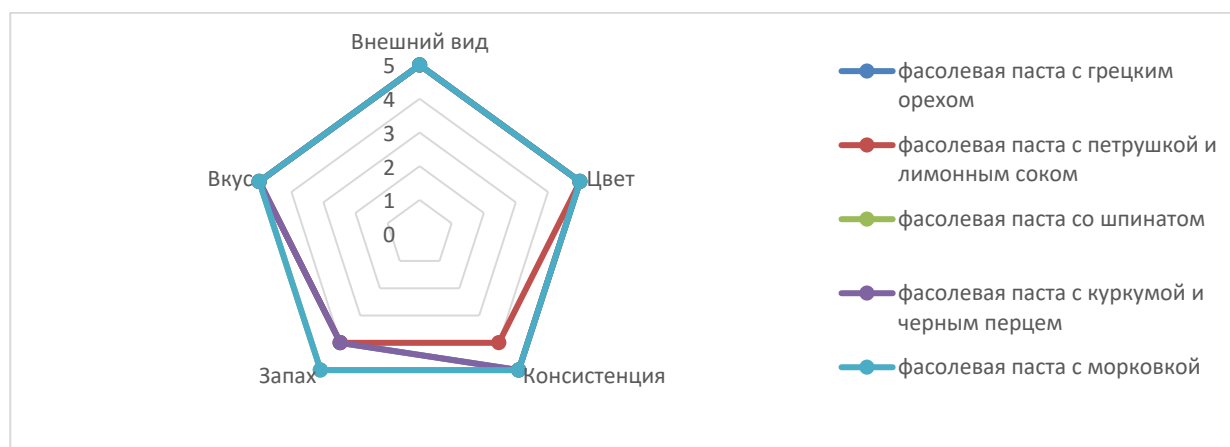


Рисунок 3 – Диаграмма органолептических показателей фасолевой пасты с добавками

Результаты проведенных исследований показали, что образцы фасолевой пасты, содержащие в своем составе морковь, шпинат, петрушку, куркуму, черный перец и грецкий орех, набрали по совокупности показателей наибольшее количество баллов. Участники отметили, что у всех образцов фасолевой пасты наилучшие органолептические показатели, в частности, отмечены приятный запах и свойственный цвет данному виду продукта. Все образцы, набравшие от 4 до 5 баллов, соответствует оценке «отлично». Следовательно, именно эти образцы были выбраны для дальнейших исследований.

Таким образом, фасолевая паста комбинирована с источниками физиологически-функциональных ингредиентов растительного происхождения – овощами, зеленью, орехами, которые содержат компоненты с антиоксидантными свойствами и природные красители, улучшающие органолептические свойства целевого продукта.

Выводы. Разработаны рецептуры 5 видов фасолевой пасты с физиологически-функциональными ингредиентами на основе органолептического анализа с выявлением наиболее приемлемых для потребителя характеристиками. Проведена потребительская оценка полученных образцов фасолевой пасты, согласно которой опрошенных потребителей были удовлетворены качеством разрабатываемого продукта.

Список литературы

1. Казанцева, И. Л. Научно-практическое обоснование и совершенствование технологии комплексной переработки зерна нута с получением ингредиентов для создания продуктов здорового питания [Текст] / И. Л. Казанцева – Саратов, 2016. – С. 19–20.
2. Казыдуб, Н. Г. Оценка коллекции зерновой фасоли и создание исходного материала для селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дисс. канд. с.-х.

наук. – Омск, 2005 Электронный ресурс – Режим доступа:

<http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002747000/rsl01002747122/rsl01002747122.pdf>

3. Ерашова, Л. Д., Павлова Г. Н., Кашкарова К. К. Продукты питания на основе зерновой фасоли. – М.: Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, 2010. – 48 с Электронный ресурс – Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/produkty-pitaniya-na-osnove-zernovoy-fasoli/viewer>

4. Бодошов, А. У. Химический состав зерен фасоли местных сортов [Текст] / А. У. Бодошов // Наука и новые технологии. – 2014. – № 4. – С. 40–41.

5. Елисеева, Т., Ямпольский А. Грецкий орех (лат. *Juglans regia*) // Journal.edaplus.info. – 2019 [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/gretskiy-oreh-lat-j-glans-r-gia/viewer>

6. Елисеева, Т., Ямпольский А. Петрушка (лат. *Petroselinum crispum*) // Journal.edaplus.info. – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <file:///C:/Users/user/Downloads/petrushka-lat-petroselinum-crispum.pdf>

7. Елисеева, Т., Ткачева Н. Лимон (лат. *Citrus limon*) // Journal.edaplus.info. – 2019 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/limon-lat-c-trus-l-mon/viewer>

8. Елисеева, Т., Тарантул А. Шпинат (лат. *Spinacia oleracea*) // Journal.edaplus.info. – 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://shpinat-lat-spinacia-oleracea.pdf>

9. Елисеева, Т., Тарантул А. Морковь (лат. *Daucus carota subsp. sativus*) // Journal.edaplus.info. – 2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <file:///C:/Users/user/Downloads/5.pdf>

10. Элеманова, Р. Ш. Научно-практические аспекты повышения эффективности промышленной переработки молока гибрида яка и крупного рогатого скота: дис. ... канд. техн. наук. – Бишкек, 2024. – С. 212–213 Электронный ресурс – Режим доступа: <https://Диссертация%20Элеманова%201.pdf>

11. Закревский, В. Жиры и масла. Лечебные свойства продуктов [Текст] / В. Закревский. – СПб.: Амфора, 2010. – 48 с.

12. Чимонина, И. В. Влияние растительных масел на физиологические аспекты здоровья человека [Текст] / И. В. Чимонина, А. А. Шульга. – С. 276.

13. Schwingshackl, L., Hoffman G. Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies // PubMed, 2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25274026/>

А.С. Борисова, Ж.О.Бекова, Р.Ш.Элеманова
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Borisova, J.O. Bekova, R.Sh. Elemanova
KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
a.borisova@kstu.kg, bjanara1636@gmail.com, elemanova@kstu.kg

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОЗИТА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ МЕТОДУ МЕНЕН ӨСҮМДҮК КОМПОЗИЦИЯСЫНЫН РЕЦЕПТУРАСЫН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF A PLANT COMPOSITE BY MATHEMATICAL MODELING

Макалада математикалык моделдөө ыкмаларын колдонуу менен өсүмдүк композициясынын рецептурасын оптималдаштыруу процесси каралат. Сабиз, петрушка, куркума, кара мурч, грек жаңгагы жана шпинат табигый ингредиенттери функционалдык толтургучтар катары колдонулат. Продукциянын органолептикалык мүнөздөмөсүнө, азыктык баалуулугуна, компоненттин үлүштүк катышуусунун таасирине талдоо жүргүзүлгөн. Математикалык моделдерди колдонуу менен оптималдуу формула иштелип чыккан, ал тең салмактуу курамды жана жогорку керектөө сапаттарын камсыз кылат. Изилдөөнүн жыйынтыктары тамак-аш өнөр-жайында функционалдык өсүмдүк продуктуларын иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: өсүмдүк композициясы, төө буурчак пастасы, математикалык моделдөө, рецептураны оптималдаштыруу.

В статье рассматривается процесс оптимизации рецептуры растительного композита с использованием методов математического моделирования. В качестве функциональных наполнителей использованы натуральные ингредиенты: морковь, петрушка, куркума, черный перец, грецкий орех и шпинат. Проведен анализ влияния долевого участия каждого компонента на органолептические характеристики, пищевую ценность продукта. С использованием математических моделей разработана оптимальная рецептура, обеспечивающая сбалансированный состав и высокие потребительские качества. Результаты исследования могут быть применены в пищевой промышленности при разработке функциональных продуктов на растительной основе.

Ключевые слова: растительный композит, фасолевая паста, математическое моделирование, оптимизация рецептуры.

The paper discusses the process of optimizing the formulation of a plant composite using mathematical modeling methods. Natural ingredients are used as functional fillers: carrots, parsley, turmeric, black pepper, walnuts and spinach. The analysis of the effect of the equity participation of each component on the sensory characteristics, nutritional value of the product is carried out. Using mathematical models, an optimal formulation has been developed that ensures a balanced composition and high consumer qualities. The research results can be applied in the food industry in the development of functional plant-based products.

Key words: vegetable composite, bean paste, mathematical modeling, recipe optimization.

Белки – важнейшая составная часть продуктов питания. Поступающие с пищей белки выполняют три основные функции: они служат источником незаменимых и заменимых аминокислот, которые используются в ходе биосинтеза белка в организме; аминокислоты белков служат предшественниками гормонов, порфиринов и других биомолекул; окисление аминокислотных радикалов вносит существенный вклад в ежедневный суммарный расход энергии [1].

Потребность организма человека в белках зависит от возраста, пола, климатических особенностей региона проживания. Оптимальным считается поступление белка из расчета не менее 1 г/кг массы тела. Таким образом, потребность взрослого человека в белке в среднем 70-110 г/сут [1].

В настоящее время проблема дефицита белкового питания для мирового сообщества продолжает оставаться актуальной. По мнению специалистов, существует также тенденция снижения качественного показателя суммарного протеина, вследствие количественного уменьшения в питании животных белков. На основе оценки аминокислотного состава, его корректировки с учетом принципов взаимного обогащения наиболее рациональным соотношением нутриентов возможно создание продуктов, биологическая ценность которых приближалась бы к требованиям идеального белка [2].

Структура мировых ресурсов пищевого белка складывается по принципу разделения продуктов питания человека на две основные группы – растительного и животного происхождения.

Использование пищевого белка зависит от источника его получения, ресурсов и масштабов производства, научных достижений в области выделения пищевого белка с высокими технофункциональными свойствами [1].

Один из богатейших источников белка – растительное сырье. Большое количество белков растительного происхождения и сравнительно низкие затраты на производство дают возможность значительно восполнить за их счет дефицит белка в питании людей. В мировом пищевом балансе на растительные белки приходится около 80%, на животных – около 20% [3].

Растительные источники характеризуются высоким содержанием белка, низким – жира, по сравнению с животными белками они имеют меньше серусодержащих аминокислот. На получение 1 кг растительного белка при интенсивном сельскохозяйственном производстве затрачивается примерно 11 тысяч ккал энергии топлива, на 1 кг животного – более 75 тысяч ккал. В 16 раз выше в животноводстве и удельные затраты труда: на 1 человек приходится 53 кг растительного белка и лишь 3,2 кг животного белка [3].

Дефицит растительного белка в той или иной стране может быть восполнен за счет собственного производства высокобелковых культур или за счет их импорта [4].

В настоящее время основным источником растительного белка в мире являются: зерновые, зернобобовые, масличные культуры; корне- и клубнеплоды; овощи, бахчевые культуры и орехи; животного белка – мясо и мясные субпродукты, молоко, рыба и рыбопродукты [1].

Для восполнения дефицита белка активно используются белковые ресурсы зернобобовых культур, объем производства которых за последние 10 лет увеличился на 10% [1].

Бобовые культуры характеризуются высоким содержанием белка – от 20 до 40% - не только в семенах, но и вегетативных частях. Многие исследователи считают, что значимость зернобобовых культур в решении белковой проблемы обусловлена тремя важными факторами. Во-первых, эти культуры дают с единицы площади значительно больше белка, чем злаковые. Во-вторых, за счет бобовых получают один из самых дешевых растительных белков. Себестоимость перевариваемого белка, содержащегося в фасоли, в 2,5-3 раза, в соевом шроте – в 15-18 раз меньше, чем белка в зерне хлебных злаков. В-третьих, бобовые

культуры формируют белок без затрат дефицитных и дорогих минеральных азотных удобрений [1].

При сравнении целесообразности использования животных и растительных белков следует учитывать непрерывно возрастающую стоимость высококачественных животных белков. При производстве животной продукции обычно теряется не менее 3/4 части растительного белка. Эта часть участвует в цепи растениеводство – животноводство – пищевой продукт, где каждое звено влечет за собой значительные потери [1].

Поэтому переработка растительного сырья является наиболее быстрым и эффективным способом получения пищевых белков для обогащения продуктов и замены животных белков [1].

В течение многих столетий бобовые культуры занимают важное место в рационе питания населения нашей планеты. Представители бобовых – фасоль, горох, нут используются в зеленом и зрелом виде и являются богатым источником растительных белков, углеводов, витаминов группы В, калия, фосфора, магния, железа и клетчатки. Они отличаются от белков мяса низким содержанием триптофана. Их жиры содержат ненасыщенные жирные кислоты (линолевою, леноленовую), фосфолипиды (лецитин), бета-ситостерол, токоферолы – витамин Е (до 20 мг/100 г соевых бобов). Высокое содержание волокна (5%) – целлюлозы, лигнина, рафинозы, стахиозы, вербаскозы, сисеритола в бобовых культурах обуславливает их длительное пребывание в пищеварительном тракте – 4-5 часов и придают эффект насыщения для организма человека [5].

Преимущества зернобобовых перед культурами других семейств заключается в том, что они производят на единице площади больше высококачественного, усваиваемого, дешевого белка, включая в биологический круговорот азот воздуха, недоступный для других растений [5].

О значении зернобобовых в народном хозяйстве корректно и, в то же время, деликатно сказал В.Р.Вильямс: «Нет более верного пути к обнищанию народа, как одностороннее увлечение злаковыми культурами». Зернобобовые являются отличной альтернативой более дорогого животного белка, что делает их идеальными для улучшения рациона питания всех слоев населения, важной составляющей повседневного рациона в большинстве уголков земного шара и одним из основных ингредиентов многих блюд национальных и региональных кухонь [5].

Производство и переработка одного из видов бобовых – фасоли для Кыргызстана являются нетрадиционной, однако, начиная с 2009 года, фасоль постепенно становится ведущей культурой, в основном для экспорта. Зернобобовые культуры занимают исключительное место среди продовольственного сырья растительного происхождения благодаря уникальному биохимическому составу, обусловленному главным образом высоким содержанием белка [6].

Целью настоящего исследования является разработка и оптимизация рецептуры растительного композита с использованием математического моделирования, с целью повышения пищевой ценности и органолептических свойств продукта за счет рационального подбора долевого состава наполнителей.

Объекты и методы исследования.

Рецептура фасолевой пасты оптимизирована добавлением следующих компонентов: морковь, петрушка, лимон, куркума, черный перец, грецкий орех и шпинат. Выбранные ингредиенты должны обеспечить физиологическую функциональность продукту при содержании в порции этого продукта действующего вещества в пределах 10-50% от суточной потребности в этом веществе. В связи с этим произведен расчет адекватной дозы выбранных ингредиентов в рецептурный состав разрабатываемого продукта.

Прежде чем планировать и проводить эксперимент, следует выбрать критерий оптимизации, т.е. параметр, по которому оценивается исследуемый объект и который связывает факторы в математическую модель.

При проведении экспериментальных исследований обычно устанавливают связи между входными факторами, влияющими на протекание процесса, и выходными его параметрами, которые характеризуют свойства процесса. Первые из них независимые и

могут принимать произвольные значения x_i на технологически возможных интервалах; вторые – зависимые y_i (критерий оптимизации), так как их значения определяются свойствами процесса и изменением независимых переменных.

Поскольку задача исследователя состоит в том, чтобы с помощью математической модели минимизировать и максимизировать критерий оптимизации путем соответствующего подбора факторов, действующих на изучаемый объект, то необходимо стремиться к тому, чтобы критерий оптимизации был один, имел ясный физический смысл [7,8].

Для того чтобы в течение сравнительно небольшого отрезка времени получить необходимые результаты для формирования обоснованных рекомендаций, необходимо теоретически установить достаточный минимум экспериментов, обеспечивающий получение желаемых результатов. На этом этапе исследования наиболее широкое распространение получил метод математического планирования экспериментов Бокса-Уилсона [7,8]. По этому методу вблизи оптимальной точки ставится специальным образом спланированная небольшая серия опытов, в которой одновременно варьируются все изучаемые факторы, каждый на двух уровнях: верхнем и нижнем.

Результаты исследования и обсуждение.

Оптимизация рецептуры представляет многофакторный процесс, характеризующийся большим количеством взаимосвязанных параметров и переменными свойствами компонентов.

При планировании эксперимента по оптимизации состава растительного композита в качестве варьируемых факторов были взяты: фасоль (x_1) и наполнитель (x_2) в расчете на 200 г (одна порция) готового продукта с содержанием действующего компонента 10-50% от суточной нормы потребности.

В качестве критерия оптимизации y выбраны при использовании морковного наполнителя – β -каротин, петрушки – витамин С, куркума и черного перца – полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), грецкого ореха – ПНЖК, шпината – витамин А.

В качестве примера ниже приведен алгоритм оптимизации рецептуры фасолевого пасты с морковным наполнителем [9].

Уровни варьирования для двух факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Показатели	Кодированное значение	Фактор и размерность	
		$x_1, (г)$	$x_2, (г)$
Верхний уровень	+1	52	14
Нулевой уровень	0	50	12
Нижний уровень	-1	48	10
Интервал варьирования	ε	2	2

Для данного процесса использована матрица полного факторного эксперимента 2^2 , при этом опыты проводились в двух повторностях (табл.2) [9].

Таблица 2 – Матрица полного факторного эксперимента 2^2

№ опыта	Планирование		Критерий оптимизации		
	x_1	x_2	Содержание β -каротина, мг/200 г готового продукта		
			y_1	y_2	$y'_{1,2}$
1	+1	+1	2,5	3	2,75
2	-1	+1	2,1	2,2	2,15
3	+1	-1	2,2	2,0	2,1
4	-1	-1	1,9	2,0	1,95

Результаты эксперимента можно представить в виде следующего уравнения:

$$y = 2,23 + 0,18x_1 + 0,21x_2 \quad (1)$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что в порции продукта содержание β -каротина варьируется в пределах 50% суточной потребности при нормируемой дозе – 5 мг/сут.

После построения математической модели (получения уравнений регрессии) проводится её статистический анализ.

Планирование эксперимента и обработка экспериментальных данных связаны с определением нескольких видов ошибок, каждая из которых характеризует определенную стадию работы.

Оценку достоверности полученных коэффициентов регрессии, представляющих собой меру влияния фактора на процесс, проводили по дисперсии воспроизводимости результатов опыта: $\rho^2_{b1} = 0,009$; $\rho_{b1} = 0,098$; $\rho^2_{y_k} = 0,077$; $\rho^2(\hat{y}_u) = 0,038$ [9].

Результаты и порядок расчета дисперсии воспроизводимости оптимизации рецептуры, где критериям является содержание кальция представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Расчет дисперсии воспроизводимости оптимизации рецептуры, где критериям является содержание β -каротина

№ опыта	y_1	y_2	\hat{y}_u	$\hat{y}_u - y_1$	$\hat{y}_u - y_2$	$(\hat{y}_u - y_{1,2})^2$
1	2,5	3	2,75	0,25	-0,25	0,0625
2	2,1	2,2	2,15	0,05	-0,05	0,0025
3	2,2	2,0	2,1	-0,1	0,1	0,01
4	1,9	2,0	1,95	0,05	-0,05	0,0025

После вычисления дисперсии воспроизводимости находят доверительный интервал, т.е. наименьшее возможное абсолютное значение коэффициентов регрессии: $\Delta b = 2,78 \cdot 0,098 = 0,27$, где $t_p = 2,78$ – табличное значение критерия Стьюдента [7].

Сравнивая абсолютные значения коэффициентов регрессии с доверительным интервалом, видим, что все коэффициенты уравнения (1) больше доверительного интервала, т.е. значимы.

Проверку соответствия уравнений регрессии (проверка адекватности) проводили, подставляя в уравнение (1) кодированные значения факторов для каждой строки в матрице, указанной в табл. 3.

$$\hat{y}_1 = 2,23 + 0,18 + 0,21 = 2,61$$

$$\hat{y}_2 = 2,23 - 0,18 + 0,21 = 2,26$$

$$\hat{y}_3 = 2,23 + 0,18 - 0,21 = 2,2$$

$$\hat{y}_4 = 2,23 - 0,18 - 0,21 = 1,84 \quad (2)$$

Сопоставляя полученные результаты с результатами эксперимента, получаем, что уравнение (2) воспроизводит результаты с некоторой погрешностью. Величина этой погрешности определяется дисперсией адекватности и результаты расчета которого приведены в табл. 4. [9].

Таблица 4 – Расчет дисперсии адекватности воспроизводимости оптимизации рецептуры, где критерием является содержание β -каротина

№ опыта	\hat{y}_u	\hat{y}_u	$\hat{y}_u - \hat{y}_u$	$(\hat{y}_u - \hat{y}_u)^2$	$\rho^2_{ад}$
1	2,75	2,61	0,11	0,012	0,025
2	2,15	2,26	-0,11	0,012	
3	2,1	2,2	-0,11	0,012	
4	1,95	1,84	0,11	0,012	

Последним этапом статистического анализа результатов эксперимента является проверка пригодности получаемой математической модели, т.е. тождественность этой абстрактной модели реальному физическому процессу. Гипотезу об адекватности проверяли с помощью критерия Фишера.

В случае, если полученная дисперсия адекватности $\rho^2_{ад}$ не превышает среднюю дисперсию воспроизводимости $\rho^2(\hat{y})$ более, чем в F раз (критерий Фишера), можно сделать вывод о том, что уравнение регрессии адекватно описывает процесс.

Критерий Фишера находили по принятому уровню значимости и числу степеней свободы для обеих дисперсий $F_{табл}=4,5$; а критерий Фишера расчетный определяли по формуле $F_{расч} = \rho^2_{ад} / \rho^2(\hat{y}_u) = \rightarrow F_{расч} < F_{табл}$ и результат следующий: $F_{расч} = 0,65 \rightarrow F_{расч} < F_{табл}$ для уравнения (1) [10].

Таким образом, полученное уравнение регрессии (2) адекватно описывает процесс, так как расчетное значение критерия Фишера меньше его табличного значения.

После получения адекватной модели переходим к следующему этапу работы – поиску оптимума с помощью найденной модели.

Для нахождения движения градиента функции по найденному направлению изменяли факторы пропорционально полученным для них коэффициентам регрессии с учетом их знака [9].

Результат оптимизации по линейной части уравнения (1) приведен в табл. 5.

Таблица 5 – Оптимизация рецептуры, где критериям является содержание β -каротина

№	Показатели	Обозначения	Факторы и их размерность		Критерий оптимизации
			x1, (г)	x2, (г)	y содержание β - каротина (мг/200 г продукта)
1	2	3	4	5	6
1	Верхний уровень	+	52	14	
2	Нулевой уровень	0	50	12	
3	Нижний уровень	–	48	10	
4	Интервал варьирования	ϵ_i	2	2	
5	Коэффициенты регрессии	b_i	0,18	0,21	
6	Произведение	$\epsilon_i b_i$	0,36	0,42	
7	Базовый шаг	$\delta_{баз}$	2	2	
8	Масштаб	μ	5,55		
9	Шаг	$\mu b_i \epsilon_i$	1,99	2,3	
10	Округленный шаг	δ_i	2	2	
11	Опыт на нулевом уровне		50	12	2,15
12	Реализованный 1-й опыт		52	14	2,25
13	Реализованный 2-й опыт		54	16	2,40

По результатам оптимизации были приготовлены образцы, в которых наблюдалось увеличение выходного параметра с увеличением дозы наполнителя.

Рецептуры растительного композита с использованием наполнителей оптимизированы по вышеприведенному алгоритму и получены следующие зависимости:

- растительный композит с морковью согласно по уравнению

$$y = 2,23 + 0,18x_1 + 0,21x_2 \quad (3),$$

при этом оптимальное соотношение фасолевого пасты и наполнителя составляет 50:12 с содержанием в готовом продукте 50% от суточной нормы потребления;

- растительный композит с петрушкой согласно уравнению

$$y = 43,12 + 0,12x_1 + 1,37x_2 \quad (4),$$

оптимальное соотношение фасолевого пасты и наполнителя составляет 50:10 с содержанием в готовом продукте 50% от суточной нормы потребления;

- растительный композит с куркумой и черным перцем согласно по уравнению

$$y = 0,69 + 0,01x_1 - 0,006x_2 \quad (5),$$

оптимальное соотношение фасолевого пасты и наполнителя составляет 56:4,7 с содержанием в готовом продукте 30% от суточной нормы потребления;

- растительный композит с грецким орехом согласно по уравнению

$$y = 0,8 + 0,0025x_1 + 0,0075x_2 \quad (6),$$

оптимальное соотношение фасолевого пасты и наполнителя составляет 48,6:18 с содержанием в готовом продукте 50% от суточной нормы потребления;

- растительный композит со шпинатом согласно по уравнению

$$y = 360,37 + 1,62x_1 - 1,62x_2 \quad (7)$$

оптимальное соотношение фасолевого пасты и наполнителя составляет 50:12,6 с содержанием в готовом продукте 50% от суточной нормы потребления.

Для того чтобы продукт был не только полезен, но и привлекателен по органолептическим показателям, подготовлен ряд образцов с выбранными наполнителями. В ходе органолептического анализа по пятибалльной шкале были выбраны наилучшие образцы с добавлением наполнителей к фасолевого пасте: 25% моркови (5 баллов), 25% петрушки (5 баллов), 25% куркумы и черного перца (5 баллов), 13% грецкого ореха (4,85 баллов), 12,5% шпината (4,5 баллов).

Пищевая ценность растительных композитов по оптимизированным рецептурам представлена в табл. 6.

Таблица 6 – Пищевая ценность растительных композитов (г/100г)

Вид фасолевого пасты	Белки	Жиры	Углеводы	Энергетическая ценность, ккал
Фасолевого паста с морковью	12,58	12,65	32,22	285,67
Фасолевого паста с петрушкой и лимонным соком	4,5	10,3	10,3	149
Фасолевого паста с куркумой и черным перцем	13,65	13,02	37,00	315,25
Фасолевого паста с грецким орехом	14,24	20,32	31,66	352,8
Фасолевого паста со шпинатом	12,17	12,65	30,6	277,5

Таким образом, рецептура фасолевого пасты оптимизированные по действующему компоненту путем обогащения физиологически-функциональных ингредиентов (ФФИ) имеют следующие преимущества:

- морковь – настоящий клад бета-каротина (провитамин А) и один из основных природных источников его получения для организма. Под воздействием ферментов печени он превращается в витамин А (ретинол), который поддерживает работу многих внутренних органов и систем. Бета-каротин считается превосходным антиоксидантом, защищающим клетки от повреждений. Во-первых, витамин А – основа общего здоровья глаз. Во-вторых,

витамин А важен для нормального функционирования сетчатки глаза и предупреждает возрастную дегенерацию внутренней оболочки глазного яблока. Кроме того, ретинол принимает активное участие в регуляции синтеза белков, окислительно-восстановительных процессах в организме, а также способствует нормальному обмену веществ и работе иммунной системы. Витамин А очень важен в процессе формирования скелета, зубов и ногтей. Он эффективен при себорее и ломкости волос, так как участвует в регулировке деятельности сальных желез. Помимо бета-каротина, за который так ценят морковь, в ней еще содержатся значительные дозы витаминов группы В, С и Е. Витамин Е помогает усвоению ретинола, а также оказывает благотворное влияние на кожу, отвечая за регенерацию ее верхних слоев. Витамин С, в свою очередь, способствует уплотнению стенок сосудов, а витамины группы В участвуют в жировом обмене и кроветворении [11]. Суточная потребность в бета-каротине составляет примерно 700 мкг для взрослого человека. В одной моркови содержится около 8200 мкг бета-каротина [11].

- в петрушке содержится примерно в 2,5-3 раза больше витамина С, чем в лимоне. Причём растения, выращенные в северных регионах, гораздо богаче (иногда – в 4-5 раз) витамином С, чем их южные «родственники». Кроме того, в петрушке представлены и витамины группы В, которые в биологических процессах часто действуют в паре с аскорбиновой кислотой. В зависимости от разных условий выращивания, в петрушке содержится от 2 мг до 20 мг каротина (провитамина витамина А), В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), флавоноиды, никотиновая кислота. В петрушке содержится всего 36 ккал, минимум жиров (0,79%), небольшое количество белков (2,97 г на 100 грамм продукта) и углеводов (6,33%), что дополняется внушительной концентрацией разнообразных витаминов, аминокислот, микро- и макроэлементов.

Петрушка полноценно может насытить организм полезными витаминами и микроэлементами, а также эффективно защитить его от многих заболеваний. Широко применяется богатое эфирными маслами и уникальными микроэлементами растение и в современной народной медицине [12].

- куркума содержит эфирное масло (не менее 7%), богатое сесквитерпенами и тритерпенами, куркуминоиды (куркумин, бисдеметоксикуркумин, деметоксикуркумин), а также кампестерин, холестерин, жирные кислоты (олеиновая – 6,8%, линолевая, линоленовая, омега-3, омега-6-жирные кислоты-2,4%), макро- и микроэлементы: кальций, железо, фосфор, и йод. Порошок куркумы имеет характерный желтый цвет благодаря куркумину [13].

Куркумин проявляет обезболивающее, антиоксидантное, антираковое, антисептическое, спазмолитическое, рассасывающее, бактерицидное, желчегонное и антисклеротическое действие. Известно, что куркумин вызывает гибель патологических опухолевых клеток, не влияя при этом на здоровые клетки. Употребление продуктов с содержанием куркумина не только приостанавливает рост, но и предотвращает появление новых злокачественных образований. Установлено, что широкий спектр его терапевтического воздействия на организм во многом обусловлен влиянием на систему «прооксидант-антиоксидант», а именно, мощными антиоксидантными свойствами [13].

У черного перца выявлены антиоксидантные, противовоспалительные, противоопухолевые, нейропротективные, гастропротективные, гипогликемическое, гиполипидемические свойства. В составе порошков черного перца определены горький гликозид пиперин, эфирное масло, крахмал, витамин (Е, С, А, В1, В2, В4, В5, В6, В9, РР, К), ценные макроэлементы (калий, кальций, магний, натрий, фосфор) и микроэлементы (железо, медь, марганец, селен, цинк, фтор). Имеется информация о высокой эффективности куркумина в комбинации с пиперином (алкалоидом черного перца) в подавлении воспалительных и окислительных процессов в организме. Функциональные ингредиенты куркумы и черного перца оказывают регулирующее действие на функции организма человека и могут приниматься неограниченно по времени [13].

- богат грецкий орех аминокислотами, такими как аспарагин, валин, гистидин, глутамин, серин, цистин, фенилаланин, а также эфирными маслами и дубильными веществами. Орехи

по своей пищевой ценности можно отнести к натуральным биоконцентра́там. Грецкие орехи богаты полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), особенно омега-3. В 100 г грецких орехов содержится примерно 9.08 г омега-3, что делает их одним из лучших источников этих полезных жирных кислот среди орехов. В грецких орехах также присутствуют омега-6 и омега-9. Белки грецкого ореха, как и все белки растительного происхождения, усваиваются быстрее, чем белки из молока и мяса, при этом не требуют лишних затрат энергии. При этом наблюдается обильное насыщение крови, сердца, кожных и волосных покровов аминокислотами, а также положительное влияние на развитие костно-мышечных тканей. Как многие растительные продукты, орехи не содержат холестерина [14]. - в шпинате содержится достаточное количество витамина А. 100 грамм шпината содержит около 469 мкг витамина А. Это примерно половина суточной нормы для взрослого человека, которая составляет 900 мкг для мужчин и 700 мкг для женщин. Кроме того, шпинат также богат бета-каротином, который может быть преобразован в витамин А в организме. Шпинат выделяется очень высоким содержанием каротиноидов, по количеству лютеина (11,607 мг) значительно опережая другие огородные и садовые культуры. Много в нём, по сравнению с другими овощами, и зеаксантина – 331 мкг. Следует также отметить высокие концентрации (по отношению к дневной норме) марганца, бора и кремния в растении [15].

Список литературы

1. Кудинов, П.И., Щеколдина Т.В., Слизькая А.С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка. Москва. Известия вузов. Пищевая технология. №5-6. 2012 г. Ст. – 7 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-i-struktura-mirovyh-resursov-rastitelnogo-belka/viewer>
2. Антипова, Л.В., Толпыгина И.Н., Успенская М.Е., Попов В.И. Гигиенические аспекты и перспективы отечественного производства растительных белков. Москва. Воронеж. 2016 г. Ст. – 51 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [gigienicheskie-aspekty-i-perspektivy-otechestvennogo-proizvodstva-rastitelnyh-belkov \(2\).pdf](#)
3. Антипова, Л.В., Мартемьянова Л.Е. Оценка потенциала источников растительных белков для производства продуктов питания. Москва. Пищевая промышленность. 2013 г. Ст. – 10-11 [Электронный адрес] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-istochnikov-rastitelnyh-belkov-dlya-proizvodstva-produktov-pitaniya/viewer>
4. Бельшикина, М.Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. г. Москва. Российская Федерация. №2 издание. 2018 г. Ст. – 65-66 [Электронный адрес] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-proizvodstva-rastitelnogo-belka-i-rol-zernovyh-bobovyh-kultur-v-ee-reshenii/viewer>
5. Казыдуб, Н.Г., Кузьмина С.П., Коцюбинская О.А., Бондаренко Н.А., Уфимцова С.В. Зернобобовые культуры в структуре питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут. Москва. г.Омск. Институтская площадь 2. ISSN 0513-1634. Бюллетень ГНБС. 2019 г. Вып. 133. Ст. – 158-159 [Электронный адрес] – Режим доступа: [file:///C:/Users/user/Downloads/zernobobovye-kultury-v-strukture-funktsionalnogo-pitaniya-fasol-zernovaya-i-ovoschnaya-goroh-ovoschnoy-nut%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/zernobobovye-kultury-v-strukture-funktsionalnogo-pitaniya-fasol-zernovaya-i-ovoschnaya-goroh-ovoschnoy-nut%20(2).pdf)
6. Айбашев, М.Ж., Кенешбаева З.М. Состояние производства и переработки фасоли в Кыргызской Республике. Кыргызская Республика. г.Ош. ОшГУ. 2015 г. Ст. – 1 [Электронный адрес] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-proizvodstva-i-pererabotki-fasoli-v-kyrgyzskoy-respublike/viewer>
7. Элеманова, Р. Ш., Мусульманова М. М. Научно-практические основы производства ферментированных молочно-сывороточных напитков в комбинации с зерновыми злаками / - Б.: Технопарк, 2019. 122 с [Электронный адрес] – Режим доступа: <https://vak.kg/wp-content/uploads/2024/06/jelemanova-r.sh.pdf>

8. Панфилов, В. А. Оптимизация технологических систем кондитерского производства: Стабилизация качества продукции. - М.: Пищевая промышленность, 1980 [Электронный адрес] – Режим доступа: <http://irbis.fips.ru:8080/web/index.php#all-result>
9. Урматбек, к. А., Элеманова Р.Ш., Мусульманова М.М. Оптимизация рецептуры ацидогурта методом математического моделирования. Бишкек. Кыргызстан. Материалы международного форума «Научное сотрудничество в Евразийском пространстве: цифровизация и модернизация промышленности с применением искусственного интеллекта», посвященного 35-летию Технологического университета Таджикистана (10 апреля 2025 года). Душанбе 2025 г. 315-316 с [Электронный адрес] – Режим доступа: <https://tut.tj/wp-content/uploads/2025/04/intlforum-tut-10042025.pdf>
10. Конкубаева, Н.У. Разработка технологии и рецептур обогащенных сухих завтраков на основе воздушных зерен пшеницы / - Бишкек 2024. Диссертация. 89-90 с [Электронный адрес] – Режим доступа: https://kstu.kg/fileadmin/user_upload/dissertacija_phd_konkubaeva_n.pdf
11. Елисеева, Т., Тарантул А. Морковь (лат. *Daucus carota subsp. sativus*) // Journal.edaplust.info: [сайт]. 2018 [Электронный адрес] – Режим доступа: <file:///C:/Users/user/Downloads/5.pdf/>
12. Елисеева, Т., Ямпольский, А. Петрушка (лат. *Petroselinum crispum*) // Journal.edaplust.info: [сайт]. 2020 [Электронный адрес] – Режим доступа: <file:///C:/Users/user/Downloads/petrushka-lat-petroselinum-crispum.pdf/>
13. Элеманова, Р.Ш. Научно-практические аспекты повышения эффективности промышленной переработки молока гибрида яка и крупного рогатого скота. Диссертация. Бишкек. 2024. Ст. – 212-213 [Электронный адрес] – Режим доступа: // <https://ДиссертацияЭлеманова1.pdf>
14. Елисеева, Т., Ямпольский А. Грецкий орех (лат. *Juglans regia*) // Journal.edaplust.info: [сайт]. 2109 [Электронный адрес] – Режим доступа: <file:///C:/Users/user/Downloads/gretskiy-oreh-lat-j-glans-r-gia.pdf/>
15. Елисеева, Т., Тарантул, А. Шпинат (лат. *Spinacia oleracea*) // Journal.edaplust.info: [сайт]. 2020 [Электронный адрес] – Режим доступа: <shpinat-lat-spinacia-oleracea.pdf>

Н.Н. Ишенбаева, М.М. Мусульманова, Ж.Н. Сманалиева
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.N. Ishenbaeva, M.M. Musulmanova, J.N. Smanalieva
KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
nazgul.ishenbaeva@mail.ru

КАЧЕСТВО И ПОКАЗАТЕЛИ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАЛФЕЙНОГО, ТИМЬЯНОВОГО И ЭРЕМУРУСОВОГО МЕДА, СОБРАННОГО В БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ «САРЫ-ЧЕЛЕК»

«САРЫ-ЧЕЛЕК» БИОСФЕРАЛЫК КОРУГУНДА ЖЫЙНАЛГАН ШАЛФЕЙ, ТИМЬЯН ЖАНА ЭРЕМУРУС БАЛЫНЫН САПАТЫ ЖАНА АЗЫКТЫК КООПСУЗДУК КӨРСӨТКҮЧТӨРҮ

QUALITY AND FOOD SAFETY INDICATORS OF SAGE, THYME AND EREMURUS HONEY COLLECTED FROM THE «SARY-CHELEK» BIOSPHERE RESERVE

Балдын ботаникалык курамы анын сапатына жана баасына түздөн-түз таасир этүүчү негизги фактор болуп саналат. Табигый ландшафтта монофлордук балды өндүрүү кыйынга турат, анткени бал берүүчү өсүмдүктөрүнүн көпчүлүк түрү аарычылык мезгилинде бир убакта гүлдөйт. Биринчи жолу Сары-Челек биосфералык корукта чогултулган балдын ботаникалык теги жана физикалык-химиялык мүнөздөмөлөрү аныкталды. Чаңчалар анализинин натыйжасында бал үлгүлөрдө уникалдуу өсүмдүк чаңчалары шалфей (*Salvia officinalis* L.), тимьян (*Thymus vulgaris* L.), эремурус (*Eremurus fuscus* O.Fedtsch) камтылган: жана сегиз үлгү бай чаңчалар курамына ээ болгон полифлор бал болгон. Жогорку диастаздык активдүүлүк тимьян ($41,1 \pm 2,9$ Готе бирдиги) жана шалфей балында ($31,3 \pm 2,2$ Готе бирдиги) аныкталды. Бал үлгүлөрүнүн физика-химиялык белгиленген нормаларга жана эл аралык стандарттарга туура келет. Тамак-аш коопсуздук көрсөткүчтөрү болгон тетрациклин, хлорамфеникол и пестициддер бал үлгүлөрүндө табылган жок. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгында Сары-Челек биосфералык аймагынын уникалдуу жаратылыш шарттары балдын сапаттуу сортторун өндүрүүгө мүмкүндүк берет деп айтууга болот.

Түйүндүү сөздөр: бал берүүчү өсүмдүктөр, чаңчалардын анализи, монофлордук бал, полифлордук бал, сапат.

Ботаническое происхождение меда – это основной фактор, который напрямую влияет на его качество и цену. Производство монофлорного меда в природном ландшафте является сложной задачей, поскольку в течение всего пчеловодного сезона одновременно цветет несколько видов медоносных растений. В статье впервые описываются ботаническое происхождение и физико-химические характеристики меда, собранного в биосферном заповеднике «Сары–Челек». В образцах присутствовала пыльца уникальных растений: шалфея (*Salvia officinalis* L.), тимьяна (*Thymus vulgaris* L.), эремуруса (*Eremurus fuscus* O.Fedtsch). Восемь образцов были полифлорными с богатым пыльцевым составом. Высокая диастазная активность была обнаружена в образцах тимьянового ($41,1 \pm 2,9$ ед. Готе) и шалфейного меда ($31,3 \pm 2,2$ ед. Готе). Физико-химические показатели образцов меда соответствовали установленным нормам и международным стандартам. В образцах меда не обнаружено остаточное

количество антибиотиков (тетрациклина, хлорамфеникола) и пестицидов, что является показателем безопасности пищевых продуктов. Все это свидетельствует о том, что уникальные природные условия биосферного заповедника «Сары-Челек» позволяют производить высококачественные разновидности меда.

Ключевые слова: медоносные растения, пыльцевой анализ, монофлорный мед, полифлорный мед, качество.

*The botanical origin of honey is the main factor that directly influences its quality and price. The production of monofloral honey in a natural landscape is a challenging task, as several species of honey bearing plants bloom simultaneously during the whole beekeeping season. This article describes for the first time the botanical origin and physicochemical characteristics of honey collected in the Sary-Chelek Biosphere Reserve. The samples contained pollen of unique plants: sage (*Salvia officinalis* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.), eremurus (*Eremurus fuscus* O.Fedtsch). Eight specimens were polyfloral with rich pollen composition. High diastase activity was found in samples of thyme honey (41.1 ± 2.9 Gothe units) and sage honey (31.3 ± 2.2 Gothe units). The physicochemical properties of the honey samples were in accordance with the established norms and international standards. No residual amounts of antibiotics (tetracycline, chloramphenicol) and pesticides were found in the honey samples, which is an indicator of food safety. All this indicates that the unique natural conditions of the biosphere reserve "Sary-Chelek" allow to produce high quality varieties of honey.*

Key words: honey plants, pollen analysis, monofloral honey, polyfloral honey, quality.

Введение. Биосферный заповедник «Сары-Челек» – один из пяти заповедников, расположенных в горах Тянь-Шаня. Его территория входит в состав Западного (Приферганского) Тянь-Шаня. Заповедник занимает сравнительно небольшую горную котловину [1]. Территория заповедника включает ландшафты следующих высотных поясов - низкогорного лесного (1200-1800 м), среднегорного лесолугового (от 1800 до 2600-2700 м) и высокогорного лугового (2700-4000 м) [2]. Уникальность ландшафтам придает сочетание орехоплодовых и хвойных лесов с субальпийскими и альпийскими лугами, кустарниковыми степями. Природный комплекс сложился из редких представителей флоры и фауны [3]. Флору заповедника составляют растения, принадлежащие к 63 семействам и 378 родам. По видовой насыщенности выделяются семейства астровых - *Asteraceae* (115 видов), злаков - *Poaceae* (105), и бобовых - *Fabaceae* (89). Разнообразно представлены губоцветные - *Lamiaceae* (69), розоцветные - *Rosaceae* (68) и крестоцветные - *Cruciferae* (61 вид). Во флоре заповедника много кормовых растений (180 видов), медоносных (80 видов) и лекарственных (48 видов). Одним из главных объектов охраны в заповеднике являются ореховые (*Juglans regia* L.) леса (1574 га). Наряду с чистыми насаждениями формируются богатые по составу леса с примесью яблонь (*Malus* sp.), боярышника (*Crataegus* L.), клёна (*Acer* sp.), барбариса (*Berberis* sp.), жимолости (*Caprifoliaceae*) и других пород. Богаты по флористическому составу и красочные эремерусовые степи, распространенные на каменисто-щебнистых почвах речных террас. Крупные эремурусы (*Eremurus robustus* Regel) достигают высоты более 1 м. Времена года выражены достаточно четко. Для развития растений наиболее благоприятна первая половина лета (конец мая - середина июля), когда сочетание тепла и влаги оптимально [1].

Пчеловодство оказывает благоприятное воздействие на окружающую среду и является одной из форм землепользования. Опыление медоносными пчелами при сборе нектара необходимо как для дикорастущей, так и для культурной флоры. Этот процесс обеспечивает сохранение биологического разнообразия, поддерживает рост различных видов растений и способов их развития.

Ботаническое происхождение является ключевым фактором, определяющим цену меда, так как оно напрямую влияет на его качество. Присутствие пыльцевых зерен в меде

служит основным фактором, позволяющим идентифицировать его ботаническое происхождение [4].

Анализ географического и ботанического происхождения меда играет решающую роль в обеспечении подлинности и защите от фальсификации. Этот процесс имеет основополагающее значение для поддержания стандартов качества, защиты доверия потребителей и поддержки соблюдения нормативных требований в пищевой промышленности [5].

Пыльцевой анализ основывается на исследовании состава пыльцы в меде. Полученные данные предоставляют подробную информацию о ботаническом источнике меда: на основе преобладающей и редкой пыльцы составляется перечень основных и сопутствующих медоносных растений, с которых осуществляется сбор меда [6].

Следует отметить, что пыльцевой анализ позволяет определить виды медоносных растений, которые представляют особый интерес для пчеловодства, и предложить рекомендации по севообороту этих видов медоносных растений, чтобы обеспечить пчел достаточным количеством источников нектара для востребованных видов меда и урожая [7].

Кроме того, информация о происхождении меда должна быть четко указана на этикетке, а стандарты качества представлены в зависимости от его географического и ботанического происхождения [8]. Консистенция меда также зависит от вида растений, из которых он собран [9]. В Европе известны 117 видов монофлорного меда, из которых 111 получены из цветков растений и 6 — из медвяной росы (падевый мед), причем 15 из них имеют высокую коммерческую ценность. Детальные характеристики приведены для следующих видов монофлорного меда: тимьянового (*Thymus sp.*), липового (*Tilia L.*), одуванчикового (*Taraxacum officinale*), розмаринового (*Rosmarinus L.*), акациевого (*Robinia pseudoacacia L.*), лавандового (*Lavandula L.*), цитрусового (*Citrus L.*) и других [10].

Монофлорные виды меда из стран Центральной Азии были исследованы в Республике Таджикистан, где были обнаружены следующие виды: хлопковый, шалфейный и татарниковый [11]. В Республике Казахстан изучены монофлорные виды меда: гречишный, подсолнуховый, репейниковый, тамарисковый [12], верблюжьей колючки, эспарцетовый, малиновый [13], а также полифлорные виды меда, и самыми продуктивными медоносами явились: синяк обыкновенный, эспарцет, шалфей, дягиль, карагана, сурепка и другие [14].

При определении монофлорного вида меда необходимо учитывать не только процентное содержание пыльцы, но и его сенсорные характеристики, а в некоторых случаях — определенные физико-химические параметры [15; 16].

Производство монофлорного меда в природных ландшафтах является сложной задачей, поскольку в течение пчеловодного сезона одновременно цветет несколько медоносных растений. Несмотря на это, последние исследования ботанического происхождения образцов меда, собранных в различных регионах Кыргызской Республики в 2018 и 2019 годах, выявили следующие монофлорные сорта меда: эспарцетовый (*Onobrychis sp.*), тимьяновый (*Thymus sp.*), эремурусовый (*Eremurus sp.*), из синяка обыкновенного (*Echium vulgare*), незабудковый (*Myosotis sp.*), шалфейный (*Salvia sp.*), одуванчиковый (*Taraxacum officinale*), хлопчатниковый (*Gossypium L.*), льнянковый (*Linaria sp.*), яблоневого (*Malus sp.*) [17; 18].

Горный мед из биосферного заповедника «Сары-Челек» в Кыргызстане до сих пор не исследован, в связи с этим нет научных работ, описывающих его физико-химические характеристики и ботаническое происхождение. Следует отметить, что ранее проведенные исследования по идентификации медоносных растений биосферного заповедника «Сары-Челек» были оценены на основе ботанических экспедиций, но не на основе палинологического анализа. Поэтому вопрос нашего исследования заключался в следующем: Какие медоносные растения (медоносные и пергоносные) в заповеднике «Сары-Челек» наиболее важны для пчеловодства? Следовательно, целью данного исследования является определить ботаническое происхождение меда, оценить потенциальные медоносные растения для пчеловодства, тем самым способствовать эффективному использованию

кормовой базы пчелами и повышению качества меда. Следующей задачей было определение физико-химических параметров, показателей безопасности и описание органолептических показателей меда, собранного в биосферном заповеднике «Сары-Челек» для получения подробных характеристик, которые необходимы для идентификации таких сортов в будущем.

Материалы и методы.

Образцы меда. 17 образцов меда, собранного в 2019, 2020, 2021 годах, были получены непосредственно от пчеловодов биосферного заповедника «Сары-Челек». Также образцы были собраны в деревнях, расположенных вокруг охраняемой территории. Все исследуемые образцы меда до анализа хранились в холодильнике при температуре 4°C. Исследований образцов меда проводились в 2019-2021 годах.

Палинологический (пыльцевой) анализ. Пыльцевой анализ был проведен в соответствии со стандартным методом (ГОСТ 31769-2012) [19], который состоит из подготовки микроскопических препаратов с фиксированным количеством меда, микрокопирования с последующим подсчетом пыльцевых зерен. В частности, 10 г меда растворяли в 20 см³ воды; полученный раствор центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин. Затем фильтрат слили, осадок на дне пробирки перенесли на предметное стекло. Предметное стекло накрыли покровным стеклом. Определение пыльцевых зерен проводили при помощи биологического микроскопа XS-208A при 100-400× увеличении. Для каждого типа пыльцы его долю (в %) рассчитывали в соответствии с уравнением:

$$X_p = A \cdot 100n^{-1} \quad (1)$$

где X_p - частота встречаемости пыльцевых зерен;

$A = \sum A_i$ – число пыльцевых зерен отдельного вида во всех счетных полях;

$n = \sum An_i$ – общее количество подсчитанных пыльцевых зерен во всех счетных полях;

100 – коэффициент пересчета относительных долей в проценты.

При интерпретации результатов пыльцевого анализа использовали палинологическую базу данных [20] и пыльцевой атлас [21].

Для выявления монофлорных видов меда были применены Европейские стандарты [10]. Для идентификации медоносных растений были использованы справочные материалы и атласы [22; 23].

Органолептический анализ. Сенсорный анализ проводили в соответствии со стандартами ISO (ISO 5492, 2008; ISO 6658, 2005) [24; 25]. Образцы оценивали 7 обученных экспертов. Для сенсорного анализа использовали образцы меда по 30-50 г в стеклянных банках. Внешний вид, цвет, текучесть, прозрачность, однородность, качество кристаллизации воспринимаются органами зрения. Данный анализ проводили в три этапа. Вначале проводили его зрительный анализ, затем оценивали его внешний вид и привлекательность, описывали физическое состояние, цветовую гамму. При проведении зрительного анализа обращали внимание на чистоту и прозрачность меда, его однородность, наличие или отсутствие каких-либо включений. Затем его нюхали, а далее пробовали на вкус и оценивали тактильные ощущения [26].

Физико-химический анализ. Анализ таких показателей качества как влажность, свободная кислотность и активность диастазы проводили по ГОСТ 19792-2017 [27], который соответствует Гармонизированным методам Европейской комиссии по меду [28]. Массовую долю воды образцов меда измеряли с помощью рефрактометра (Abbe 2WAJ, Wincom Company Ltd., Китай) при температуре 20 °C. Метод основан на зависимости показателя преломления меда от содержания в нем воды. Содержание свободных кислот измеряли в 10%-ном растворе меда путем кислотно-основного титрования 0,1 М NaOH до pH 8,1 с помощью pH-метра (AD8000, ADWA, Венгрия), а результаты выражали в мэкв/кг [29].

Определение диастазной (α -амилазной) активности проводили по ГОСТ 34232-2017 [22] на спектрофотометре (UV-1800, Китай) и выражали как диатезное число в единицах

Готе. Диатезное число определяется как количество фермента, которое преобразует 0,01 г крахмала до заданной конечной точки за 1 ч при 40 °С в условиях теста.

Такие показатели, как редуцирующие сахара и сахароза, качественная реакция на гидроксиметилфурфурол (ГМФ) и электропроводность, определяли согласно ГОСТ 34232-2017 [30]. Некоторые показатели безопасности, такие как наличие тетрациклина, хлорамфеникола и пестицидов, определяли согласно ТР ТС 021/2011 [31].

Результаты и обсуждение.

Палинологический (пыльцевой) анализ. Согласно международной мелиссопалинологической номенклатуре, при представлении процентного содержания пыльцевых зерен используют обозначения: преобладающая пыльца → 45 %, вторичная пыльца – 16-45 %, важная сопутствующая пыльца – 3-16 %, сопутствующая пыльца – <3 %. Мед может быть признан монофлорным, если количество пыльцы одного растения составляет более 45% от общего количества. Исключение составляют растения, интенсивно выделяющие пыльцу. Примерами могут служить каштан, рапс и незабудки. Некоторые растения, напротив, выделяют меньше пыльцы; их нектарины и лепестки расположены таким образом, что пыльца не может попасть в нектар. Согласно мелиссопалинологической номенклатуре, минимальный процент пыльцы, необходимый для характеристики монофлорного меда из шалфея (*Salvia sp.*) и тимьяна (*Thymus sp.*), должен составлять не менее 15% пыльцы этих цветов [10].

Идентифицированы пыльцевые зерна из 60 таксонов источников нектара и около 10 таксонов источников пыльцы. Основные пыльцевые зерна относятся к 10 семействам медоносов: *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Campanulaceae*, *Hypericaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae*, *Fabaceae*, *Boraginaceae* и *Plantaginaceae*. Большинство выявленных видов растений произрастают на теплолюбивых склонах, приручевых сообществах и сельскохозяйственных угодьях. Из доминирующих таксонов пыльца шалфея (*Salvia sp.*) и тимьяна (*Thymus sp.*) недопредставлена в европейских монофлорных медах, то есть, ее содержание не превышает 15%.

Пыльца шалфея (*Salvia sp.*) встречается в образцах меда, собранных в Чуйской области (Сокулук, ущелья «Кегети», «Шамшы»), Ошской области (Узгенский, Алайский районы), Джалал-Абадской области (Токтогульский район, Кара-Алма, Ноокат), и может составлять до 8 % [18]. Биосферный заповедник «Сары-Челек» — единственное место, где процентное содержание пыльцы шалфея (*Salvia sp.*) в меде позволяет отнести его к монофлорным.

Тимьяновый мед (*Thymus sp.*) производится в Иссык-Кульской области (джайлоо «Каркыра»), Чуйской области (Иссык-Атинский район), Ошской области (Узгенский район) и во всех районах Джалал-Абадской области. Наибольший процент пыльцы тимьяна (*Thymus sp.*) обнаружен в образцах меда, произведенного в южной части республики.

Пыльца незабудки (*Myosotis sp.*) в европейских монофлорных медах считается перепредставленной, то есть, ее содержание превышает 45%.

Пыльца незабудки (*Myosotis sp.*) встречается также в образцах меда (от 15 до 40 %), произведенных в Токтогульском районе Джалал-Абадской области и Тюпском районе Иссык-Кульской области.

О содержании пыльцы эремуруса (*Eremurus sp.*) в медах в литературных источниках сведений нет. Мед, вероятно, должен иметь в составе не менее 45% пыльцы эремуруса, чтобы называться монофлорным эремурусовым медом.

Из более чем 60 видов в Средней Азии произрастают 45 видов эремуруса (*Eremurus sp.*), 17 видов рода *Eremurus L.* включены в «Красную книгу» Республики Узбекистан. Он также встречается в Афганистане и Таджикистане. Эремурус имеет огромное значение и используется человеком в кулинарии, фармацевтике, в качестве строительного материала и во многих других сферах [32; 33], в том числе для получения меда.

В Республике Узбекистан медопродуктивность эремуруса (*Eremurus robustus*) составляет 52,5 кг/га [34].

В казахских образцах меда содержание пыльцы эремуруса (*Eremurus sp.*) достигает 24,3 % [13].

Эремусовый мед собирают с мая по июнь. Помимо биосферного заповедника «Сары-Челек», этот вид меда производится в Казармане Тогуз-Тороусского района Джалал-Абадской области, а также в Суусамырской долине Чуйской области.

Пыльца семейства розоцветных и зонтичных была обнаружена во всех видах меда, собранных из разных мест заповедника. По результатам исследований определились вторичные источники нектара: синяк обыкновенный (*Echium vulgare*), колокольчик (*Campanula sp.*), эспарцет (*Onobrychis sp.*), плодовые деревья (яблоня, слива, жимолость и другие). В образцах меда обнаружена пыльца пергоносных видов растений, которые не выделяют нектар, а лишь дают пыльцу: зверобой (*Hypericum sp.*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), полынь (*Artemisia sp.*), подорожник (*Plantago sp.*), злаки (*Poaceae*), конопля (*Cannabis sp.*), семейство маревые (*Amaranthaceae*), хмель (*Humulus sp.*), подмаренник (*Galium sp.*). Из 17 образцов меда девять были идентифицированы как монофлорные, а восемь - как полифлорные. Результаты пыльцевого анализа трех образцов монофлорного и одного полифлорного меда представлены на рисунках 1, 2, 3, 4, 5 и 6.

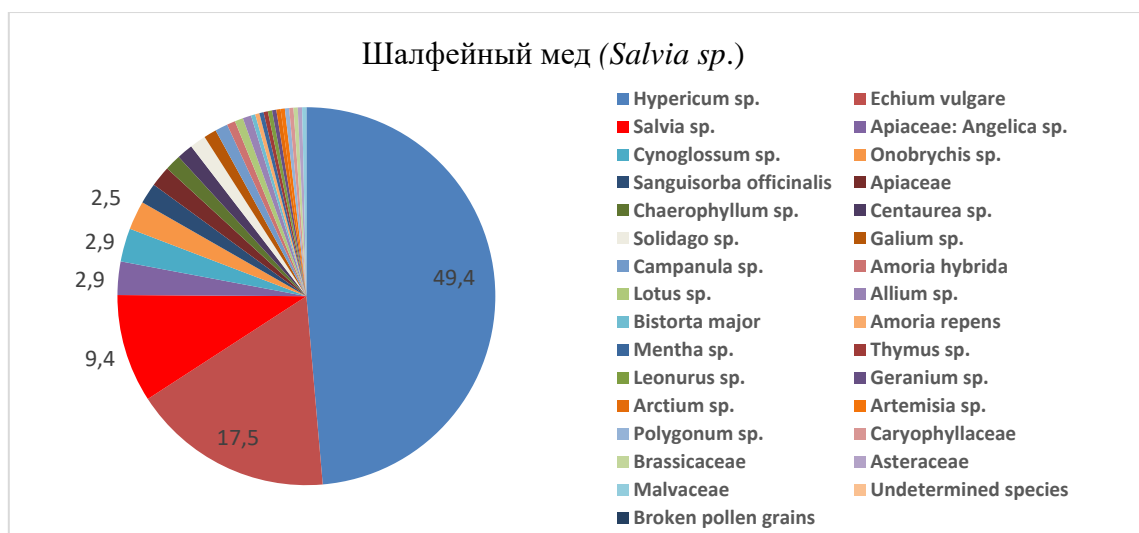


Рисунок 1 - Результат пыльцевого анализа шалфейного меда (*Salvia sp.*)

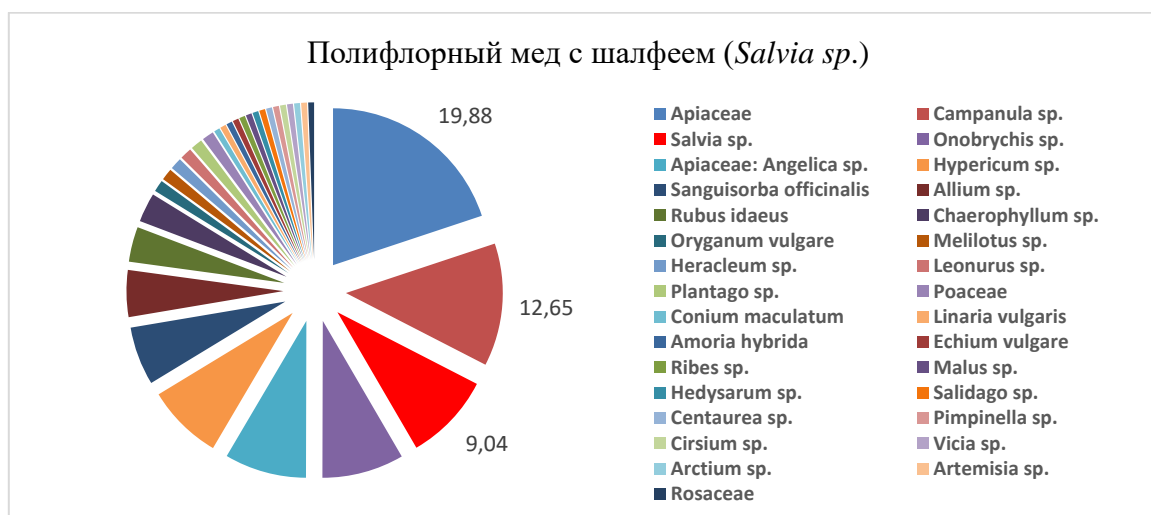


Рисунок 2 - Результат пыльцевого анализа полифлорного меда с шалфеем (*Salvia sp.*)

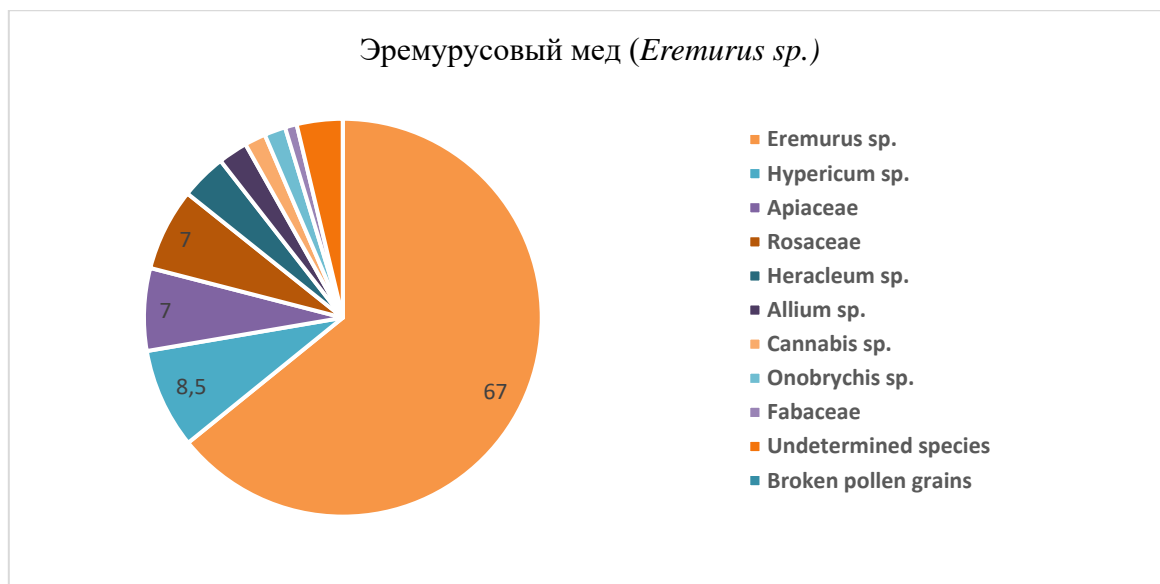


Рисунок 3 - Результат пыльцевого анализа эремурусового меда (*Eremurus* sp.)

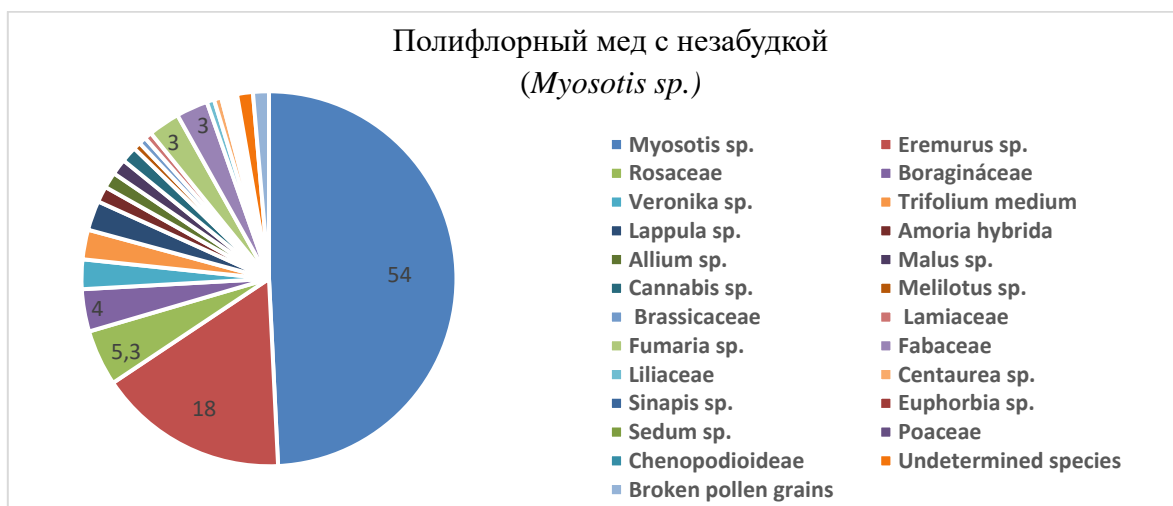


Рисунок 4 - Результат пыльцевого анализа полифлорного меда с незабудкой (*Myosotis* sp.)

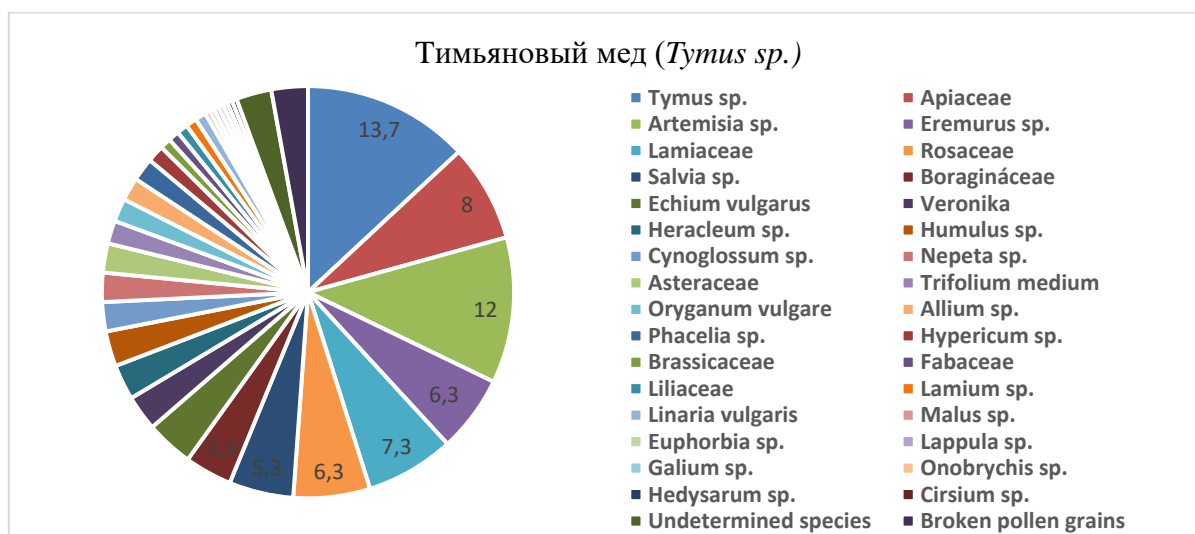


Рисунок 5 - Результат пыльцевого анализа тимьянового меда (*Tymus* sp.)

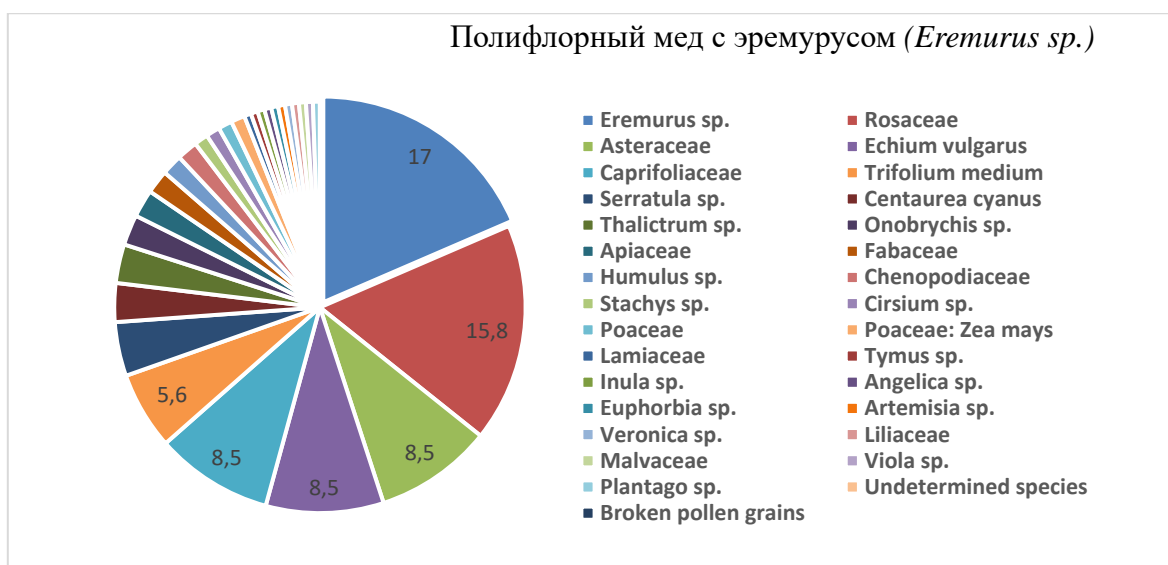


Рисунок 6 - Результат пыльцевого анализа полифлорного меда с эремурусом (*Eremurus sp.*)

Органолептический анализ. В таблице 3 приведены сенсорные параметры исследуемых образцов. Для каждого монофлорного меда определены характерные показатели, цветность меда до и после кристаллизации, размер кристаллов, вкус и послевкусие. Несмотря на сходство пыльцевых зерен тимьяна (*Tymus sp.*) и шалфея (*Salvia sp.*), которые принадлежат к одному семейству (Губоцветные), виды меда, получаемого от них, обладают различиями в органолептических характеристиках. Они различаются по вкусовым характеристикам, срокам кристаллизации, изменениям цвета после кристаллизации и размеру кристаллов.

Срок кристаллизации шалфейного меда (*Salvia sp.*) составляет от 12 до 18 месяцев в зависимости от условий хранения, а после кристаллизации он образует кристаллы среднего размера. Свежевыкачанный шалфейный мед (*Salvia sp.*) имеет темно-янтарный цвет, который со временем, в процессе кристаллизации, превращается в коричнево-красный. Также доказано, что при хранении цвет этого меда продолжает темнеть [33].

Тимьяновый мед (*Tymus sp.*) кристаллизуется в течение 6-8 месяцев, при этом его цвет изменяется, приобретая оттенки вареной сгущенки (как по цвету, так и по консистенции). Структура такого меда кремообразная, а кристаллы имеют мелкий размер, почти не ощущаются при употреблении. Вкус и послевкусие тимьянового меда приятные, фруктовые.

Сенсорные параметры эремурусового меда (*Eremurus sp.*) практически не описаны в научной литературе. Этот мед отличается редкими вкусовыми характеристиками: он чрезвычайно сладкий, а его послевкусие может вызвать у человека изжогу. Эремурусовый мед (*Eremurus sp.*) быстро кристаллизуется, обычно в период с 3 до 6 месяцев, образуя крупные, острые кристаллы. Его цвет насыщенный, темно-коричневый, а аромат имеет слабовыраженный характер.

Механические примеси и признаки брожения у всех исследованных образцов отсутствовали.

Таблица 1 - Результаты органолептического анализа видов меда из биосферного заповедника «Сары-Челек»

Наименование меда	Зрительный анализ			Обонятельно-вкусовой анализ		
	Внешний вид	Консистенция	Цвет	Запах	Аромат	Вкус
Шалфейный мед (<i>Salvia sp.</i>)	однородный	жидкая, долго не кристаллизуется, кристаллы средние	темно-янтарный, после кристаллизации коричнево-красный, темнеет	цветочный	душистый	сладкий, терпкий, послевку-сие цветочное
Полифлорный мед с шалфеем (<i>Salvia sp.</i>)	однородный	жидкая, в зависимости от сопровождающей пыльцы срок кристаллизации ускоряется	янтарный	цветочный	Выраженный, сильный	сладкий, приятный
Эремурусовый мед (<i>Eremurus sp.</i>)	мутный	жидкий, быстро кристаллизуется, кристаллы крупные, острые	темно-коричневый	растительны й	слабо выраженный	приторно сладкий, полёвку-сие вызывает легкую изжогу
Полифлорный мед с незабудкой (<i>Myosotic sp.</i>)	однородный	закристаллизованный, со средними кристаллами	темно-янтарный	растительны й	слабый	сладкий
Тимьяновый мед (<i>Tymus sp.</i>)	однородный	кремообразный, с очень мелкими кристаллами	янтарный, после кристаллизации становится как варенная сгущенка	фруктовый	душистый, выраженный	сладкий, приятный, послескусие очень приятное
Полифлорный мед с эремурусом (<i>Eremurus sp.</i>)	однородный	начало процесса кристаллизации	светло-желтый	фруктовый	выраженный	сладкий

Физико-химические параметры и показатели безопасности. Физико-химические параметры и показатели безопасности меда представлены в таблице 2. Содержание влаги, диастазное число, свободная кислотность, массовая доля редуцирующих сахаров и сахарозы, качественная реакция на гидроксиметилфурфурол и электропроводность исследуемых образцов меда соответствуют требованиям международных стандартов (Кодекс Алиментариус, 2001; ГОСТ 1979-2017 «Мед натуральный. Технические условия»). Показатели безопасности по содержанию антибиотиков и органических пестицидов также соответствуют всем нормам и требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Заключение. Анализ пыльцы в 17 образцах меда, собранных в разных местах биосферного заповедника «Сары-Челек», позволил определить характерные для этого региона виды медоносных растений. Обилие цветущих растений в окрестностях пасеки в течение всего периода сбора меда позволяет собирать полифлорный мед, но также возможен сбор ценных и редких монофлорных медов, таких как шалфейный, тимьяновый, эремуросовый. Впервые были описаны органолептические и физико-химические показатели меда эремуросового. Было установлено, что в целом результаты органолептических и физико-химических исследований, а также анализ показателей безопасности изученных образцов меда соответствуют как требованиям стандарта ГОСТ 19792-2017 «Мед натуральный. Технические условия», так и современным требованиям Международного и Европейского стандартов. Полученные результаты вносят существенный вклад в установление ботанического и географического происхождения меда, производимого в Кыргызстане, и могут быть использованы для разработки стандартов на монофлорные виды меда, такие как мед шалфея, тимьяна и эремуруса.

Таблица 2 - Физико-химические параметры и показатели безопасности образцов меда, собранных в биосферном заповеднике «Сары-Челек»

№	Показатель	Шалфейный мед (<i>Salvia sp.</i>)	Полифлорный мед с шалфеем (<i>Salvia sp.</i>)	Эремуросовый мед (<i>Eremurus sp.</i>)	Полифлорный мед с незабудкой (<i>Myosotis sp.</i>)	Тимьяновый мед (<i>Thymus sp.</i>)	Полифлорный мед с эремурусом (<i>Eremurus sp.</i>)	Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011)
1	Массовая доля воды, %, не более	18,2 ± 0,8	16,6 ± 0,7	17,8 ± 0,7	18,5 ± 0,6	18,6 ± 0,7	17,5 ± 0,6	20
2	Диастазное число, ед, Готе, не менее	31,3 ± 2,2	23,9 ± 1,7	14,3 ± 1,0	9,8 ± 1,3	41,1 ± 2,9	15,3 ± 1,0	8
3	Свободная кислотность,	22,4 ± 1,6	26,2 ± 1,8	26,4 ± 1,7	20,4 ± 1,4	22,4 ± 3,4	24,0 ± 1,4	40

	мэкв/кг, не более							
4	Массовая доля редуцирующих сахаров, %, не менее	84,3	81,8	80,6	88,63	80,9	83,2	65
5	Массовая доля сахарозы, %, не более	3,0	3,1	1,9	3,23	3,7	2,9	5
6	Качественная реакция на ГМФ	отриц.	отриц.	отриц.	отриц.	отриц.	отриц.	отриц.
7	Электропроводность, мСм/см, не более	0,87	0,45	0,23	0,18	0,8	0,21	0,8
8	Антибиотики: Тетрацилин, мг/кг, не более Хлорамфеникол, мг/кг, не более	> 0,0025 > 0,000025	> 0,0025 > 0,000025	> 0,0025 > 0,000025	> 0,0025 > 0,000025	> 0,0025 > 0,000025	> 0,0025 > 0,000025	0,01 0,0003
9	Хлорорганические пестициды: Сумма изомеров ГХЦГ (гексахлорциклогексан) α-, β-, γ-изомеры	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	<0,005
10	ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и его метаболиты 4,4-ДДТ; 4,4-ДДЕ	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	Ниже предела обнаружения 0,005	<0,005

Список литературы

1. Дуйсенов, Э.Э. Комплексный правовой анализ сети особо охраняемых природных территорий в КР [Текст] / Э.Э. Дуйсенов, У. А. Айтматова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Москва: 2016. – № 8. – С. 468-472.
2. Ионов, Р. Н. Флора Кыргызстана [Текст] / Р. Н. Ионов, Л. П. Лебедева // БПИ НАН РК. Труды экологической конференции. – Бишкек: 2002. – С. 46-55.
3. Умураков, С. Ю. Атлас Киргизской ССР [Текст] / С. Ю. Умураков, Е. К. Азыкова, Н. А. Гвоздецкий // Природные условия и ресурсы. - Москва: ГУГК, –1987. – С.157.
4. Hadda, L. Soraya R. Every pollen grain tells a story: A palynological analysis of selected melliferous plant species native to the Sahara Desert with implications for honey origin determination / L. Hadda, R. Soraya // Current Plant Biology. – 2024. – №38. – P. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2024.100348>
5. Inaudi, P. Honey: inorganic composition as possible marker for botanical and geological assignment // P. Inaudi, M. Garzino, O. Abollino // Molecules. – 2025. – № 30. – P.2-25. <https://doi.org/10.3390/molecules30071466>
6. Курманов, Р.Г. Органолептический и палинологический анализ меда: Обзор современного состояния методик, характеристика монофлорных видов Российского меда [Текст] / Р.Г. Курманов // Контроль качества и безопасность пищевой продукции. – 2021. – №3 (29). – С. 19-31.
7. Даугалиева, С.Т. Определение флорального состава меда методами палинологического анализа и метабаркодирования [Текст] / С.Т. Даугалиева, А. Т. Даугалиева // Микробиология и вирусология. – 2024. – 1(44). – С. 136–145 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2024.01.08>
8. Cantarello, E. Human impacts on forest biodiversity in protected walnut-fruit forests in Kyrgyzstan / E. Cantarello, A. Lovegrove, A. J. Orozumbekov // Sustain. – 2014. – 33(5). – P. 454-481.
9. Smanalieva, J. Analytical and rheological investigations into selected monofloral German honey / J. Smanalieva, B. Senge // Eur. Food Res. Technol. – 2009. – 229(1). – P.107-113. <https://doi.10.1007/s00217-009-1031-2>.
10. Oddo, L.P. Main European monofloral honeys: descriptive sheets / L.P. Oddo, R. Piro, E. Bruneau // Apidologie. – 2004. – 35(Suppl. 1). – P. 38-81. <https://doi.10.1051/apido:2004049>
11. Курманов, Р.Г. Пыльцевая характеристика медов Таджикистана [Текст] / Р.Г. Курманов, Д.М. Бобокаланов // Кишоварз. – 2015. – №1. – С. 33-34.
12. Ongalbek, D. Biomarker aroma compounds of monofloral honey samples from Kazakhstan by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) and Chemometric Analysis [Text] // D. Ongalbek, O.T. Olmez, B. Şahin // Analytical letters. – 2024. – P. 1-19. <https://doi.org/10.1080/00032719.2024.2345751>
13. Moldakhmetova, G. Palynological, physicochemical, and organoleptic analysis of honey from different climate zones of Kazakhstan // G. Moldakhmetova, R. Kurmanov, M. Toishimanov // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2022. – V. 21. – №3. – P. 543-553. DOI: 10.22124/CJES.2023.6931
14. Спатай, Н. Анализ пыльцы пчелиного меда [Текст] / Н. Спатай, У. Нуралиева, Б. Буралхiev // Животноводства и ветеринария. – 2023. – №4 (100). – С. 5-10 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.37884/4-2023/01>
15. Escriche, I. An overview of the challenges when analysing pollen for monofloral honey classification / I. Escriche, J. B. Marisol // Food Control. – 2023. – V. 143. – P. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109305>
16. Курманов, Р.Г. Комплексное исследование башкирского меда [Текст] / Р.Г. Курманов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – Уфа: 2020. – № 3. – С. 56-64.

17. Ишенбаева, Н. Н. Палинологическая характеристика монофлорных медов Кыргызской Республики [Текст] / Н. Н. Ишенбаева, Ж. К. Керималиев, А. Х. Абдрасулов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – Уфа: 2021. – № 57. – С. 68–72.
18. Ишенбаева, Н. Н. Исследование показателей качества различных видов меда [Текст] / Н. Н. Ишенбаева, Р. Г. Курманов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – Уфа: 2021. – №4. – С. 72–80.
19. ГОСТ 31769-2012 Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293781/4293781073.pdf>
20. Электронная база данных Pollen Atlas [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pollenatlas.net/index.php/atlas/pollen-profiles>
21. Курманов, Р. Г. Атлас пыльцевой [Текст] / Р. Г. Курманов, А. Р. Ишбирдин. – Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия. – 2013. – 304 с.
22. Ионов, Р. И. Растительный мир Кыргызстана [Текст] / Р. И. Ионов, Л. П. Лебедева, - Бишкек: 2022. – С. 46-55.
23. Лазьков, Г.А. Сосудистые растения [Текст] / Г.А. Лазьков, Б.А. Султанова // Кадастр флоры Кыргызстана. - Бишкек: 2014. – С.125.
24. ISO 5492 Sensory analysis – Vocabulary, International Organization for Standardization, Geneva, 2009 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iso.org>
25. ISO 6658, 2005 Sensory Analysis — Methodology — General Guidance. International Organization for Standardization, Geneva, 2009 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iso.org>.
26. Piana, M. Sensory analysis applied to honey: state of the art / M. Piana, L. P. Oddo, A. Bentabol // Apidologie. – 2004. – №35. – P. 26-37.
27. ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/657/65735.pdf>
28. Bogdanov, S. Harmonised methods of the European Honey Commission / S. Bogdanov, P. Martin, C. Lüllmann // Apidologie. – 1997 (Extra issue). – P.1-59.
29. ГОСТ Р 53877-2010 Мед. Метод определения водородного показателя и свободной кислотности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/501/50162.pdf>
30. ГОСТ 34232-2017 Мед. Методы определения активности сахаразы, диастазного числа, нерастворимых веществ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293741/4293741787.pdf>
31. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://64.fsvps.gov.ru/wp-content/uploads/sites/20/2023/09.pdf>
32. Nematova, M. Biogeography of the species of the Eremurus L. species included in the Red Book, the significance in the national economy and propagation methods // M. Nematova, Y. N. Iskandarova Yulduzoy // Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development. – 2023. – V. 11. – P.62-64.
33. Беккулова, З. Распространение и применение в народной медицине вида эремурус Eremurus M. Bieb [Текст] / З. Беккулова, И.У. Мукумов // Вестник науки. – 2022. – №1 (46) том 4. – С. 282-287.
34. Atamuratova, N.T. Honey significance of forest lands in south Uzbekistan / N.T. Atamuratova, R. Mukhamatzanova // Earth and Environmental Science. – 2021. – № 775. – P.1-13.
35. Flanjak, I. Effect of processing and storage on Sage (*Salvia officinalis* L.) honey quality // I. Flanjak, I. Strelec // Food Sciences. – 2022. – №6. – P.1-6. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.3375>

Т.Т. Иманбеков

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

T.T. Imanbekov

KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
tursunbek.imanbekov@kstu.kg

ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ДОННОГО ГРУНТА ПЕРЕДВИЖЕНИЮ ТРАКА ПОД ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ

ГИДРОСТАТИКАЛЫК БАСЫМДЫН АСТЫНДА ТРАКТЫН КЫЙМЫЛЫНА АСТЫНДАГЫ КЫРТЫШТЫН КАРШЫЛЫГЫН БААЛОО

ASSESSMENT OF RESISTANCE OF BOTTOM SOIL TO TRACK MOVEMENT UNDER HYDROSTATIC PRESSURE

Суу чөйрөсүнүн гидростатикалык басымы болгон шартта суу астындагы унаалардын жүрүүчү шаймандарынын кыймылына түпкү кыртыштын жалпы каршылыгын аныктоо үчүн математикалык модел иштелип чыккан. Трек термини жөрмөлөгүч жана жөө жүрүүчү типтеги кыймылдаткычтардын астыңкы топурак менен байланышуучу колдоо шилтемелерин билдирет. Түпкү топурак физикалык дене катары суу чөйрөсүнүн гидростатикалык басымына дуушар болгондо өзүнүн абалын өзгөртпөйт деп болжолдонууда. Кырыштын серпилгич деформациясын эсепке алуу менен топурак массивине кысуу күчүнүн лупанын туңгуюк чети менен аналитикалык туюнтмалары алынат.

Түйүндүү сөздөр: төмөнкү топурактын кыймылга туруктуулугу, гидростатикалык басым, топурактын өзгөчө адгезиясы, жол, жүрүүчү механизм, топурактын серпилгич деформациясы, тартуу күчү, суу астындагы көчмө машина.

Разработана математическая модель определения суммарной сопротивляемости донного грунта передвижению ходового оборудования подводных машин при наличии гидростатического давления водной среды. Под термин трака относятся опорные звенья движителей гусеничного и шагающего типов, контактирующих с донным грунтом. Допускается, что донный грунт как физическое тело не меняет свое состояние при воздействии гидростатического давления водной среды. Получены аналитические выражения усилия сжатия в массив грунта затупленной кромкой грунтозацепы с учетом упругой деформации грунта. Оценена корректность разработанной модели с экспериментальными данными.

Ключевые слова: сопротивляемость донного грунта передвижению, гидростатическое давление, удельное сцепление грунта, трак, ходовое оборудование, упругая деформация грунта, сила тяги, подводная мобильная машина.

A mathematical model has been developed to determine the total resistance of bottom soil to the movement of the running gear of underwater machines under the influence of hydrostatic

pressure from the aquatic environment. The term «track» refers to the supporting elements of crawler and walking-type propulsion systems that are in contact with the bottom soil. It is assumed that the bottom soil, as a physical body, does not change its state under the influence of hydrostatic pressure from the aquatic environment. Analytical expressions for the compression force into the soil mass by the blunt edge of a soil-engaging element, taking into account the elastic deformation of the soil, have been derived. The accuracy of the developed model has been evaluated against experimental data.

Key words: *resistance of bottom soil to movement, hydrostatic pressure, soil specific adhesion, track, running gear, elastic soil deformation, tractive force, underwater mobile machine.*

При изучении современных научных основ в разработке ходового оборудования машин для работы на дне водоемов выделяют тенденцию применения установок на гусеничном ходу и установок шагающего типа с позиционным передвижением. Эти устройства наряду с колесными и другими движителями позволяют вести свои работы на глубине 60 м и более [1, 2]. Оснащенные рабочими органами различного назначения, эти машины могут проводить земляные работы в широком технологическом диапазоне – планировка дна водоема, разработка траншей и котлованов, зондирование для определения несущей способности донных грунтов и т.п. [3, 4].

Силовое взаимодействие ходового оборудования с грунтом в подводной среде протекает в неблагоприятных условиях с точки зрения проходимости подводных машин по донной поверхности. Происходит потери веса (силы тяжести) машины, обусловленный действием выталкивающей силы по закону Архимеда, и уменьшается сцепления движителя с донным грунтом вследствие с переувлажнением грунта. На взаимодействие с донным грунтом ходовых органов подводных машин при работе на дне водоемов действует также гидростатическое давление, увеличивающееся с ростом глубины погружения подводных машин, и оказывающего существенное влияние на характер процесса тяги [5].

Цель исследования состоит в разработке аналитической модели определения суммарной сопротивляемости донного грунта передвижению ходового оборудования подводных машин под гидростатическим давлением

Методология. При разработке математической модели используется следующее допущение: донный грунт как физическое тело не меняет свое состояние при воздействии гидростатического давления водной среды.

Разработка модели. Схема взаимодействия трака ходового органа подводных машин с донным грунтом при наличии воздействия гидростатического давления водной среды показана на рис. 1. Под термин трака отнести опорные звенья гусеничных движителей, контактирующих с донным грунтом, например, оснований ножек шагающих машин. На поверхность трака с грунтозацепом и на массив грунта приложена равномерно распределенная нагрузка – гидростатическое давление p . Принимается допущение, что донный грунт как физическое тело характеризуется объемной массой, удельным сцеплением, углами внутреннего и внешнего трения, а также не меняет свое состояние при наличии гидростатического давления водной среды. При движении трака по направлению E перед грунтозацепом развивается напряжение сжатия донного грунта. После достижения определенного значения напряжении, в соответствии с законом Мора – Кулона, происходит сдвиг грунта по поверхности скольжения, которая принята в виде плоскости, расположенной под углом ψ по отношению траектории движения трака. Зарождение скольжения наблюдается в нижней части грунтозацепа, от точки A . От этого места распространяются пластические деформации, преддверием образования которых являются упругие деформации массива грунта.

Из условия предельного равновесия призмы ABC , принимаемой затвердевшей, определяется сила, обусловленная сцеплением грунта по поверхности скольжения [6, 7]:

$$F_1 = C_0 \cdot b \cdot h / \sin \psi , \quad (1)$$

где C_o - удельное сцепление грунта;
 b - ширина трака;
 h - глубина зоны сдвига;
 ψ - угол скольжения грунта.

С увеличением глубины погружения рабочего органа в водную среду увеличивается перегрузка на поверхность трака, обусловленная гидростатическим давлением, которая начинает препятствовать выпиранию призмы грунта ABC вверх и поверхность скольжения передвигается до края подошвы трака, до точки B .

Максимальная величина сопротивления передвижению соответствует моменту развития пластической деформации, которая протекает от нижней кромки грунтозацепа (точки A) до точки B поверхности донного грунта под углом ψ к горизонту. Упругая деформация массива грунта в этом случае достигает такого состояния, при котором вдоль поверхности протекания пластических деформаций возникает сила, достаточная для преодоления сопротивления скольжению перед грунтозацепом и для вдавливания грунта в массив кромкой затупления грунтозацепа (дуга AD) [8, 9, 10].

В соответствии с рис. 1 символом N_{mk} обозначена нормальная составляющая, действующая на поверхность массива грунта от силы тяжести трака, величина которой определяется выражением (когда поверхность донного грунта расположена горизонтально)

$$N_{mk} = G_{mk}, \quad (2)$$

где G_{mk} - сила тяжести трака.

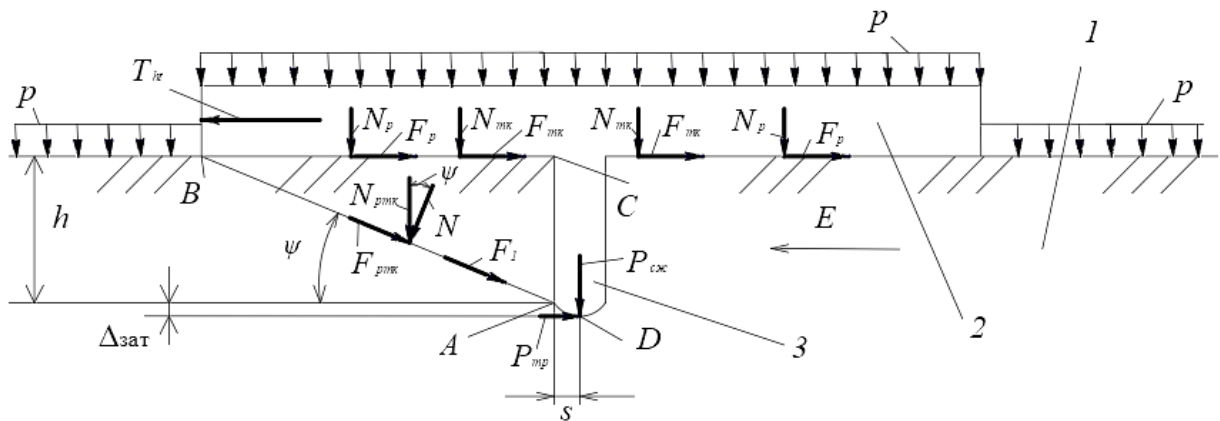


Рисунок 1 - Расчетная схема взаимодействия с донным грунтом трака ходового оборудования под гидростатическим давлением: 1 - донный грунт, 2 – трак, 3 – грунтозацеп,

T_{ht} – суммарная сила передвижения трака, p – гидростатическое давление, ψ – угол скольжения, h – глубина грунтозацепа, $\Delta_{зат}$ – деформация уплотнения грунта, s – величина деформируемой части грунта в зоне затупления, N_p - нормальная сила, действующая на массив грунта действием гидростатического давления, N_{mk} - нормальная сила от силы тяжести трака, N_{pmk} – суммарная нормальная сила, действующая на поверхность массива грунта, N - нормальная сила, действующая на поверхность скольжения грунта, F_l - сила, обусловленная сцеплением грунта по поверхности скольжения, F_p - сопротивление перемещению трака по грунтовому массиву, определяемое действием гидростатического давления, F_{mk} - сила трения, возникающей от силы тяжести трака, F_{pmk} - сила трения на поверхности скольжения, $P_{сж}$ - сила сжатия в грунт в зоне упругой деформации, $P_{тр}$ - сила трения в затупленной зоне грунтозацепа

Сила трения от нормальной составляющей силы, действующей по контактной поверхности трака и грунтового массива,

$$F_{mk} = G_{mk} \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (3)$$

где δ – угол внешнего трения грунта.

На грунтовую поверхность через трак действует гидростатическое давление p , которое прижимает трака к массиву грунта. Нормальная сила, действующая на массив грунта через трак, равна

$$N_p = L \cdot b \cdot p \cdot K_s, \quad (4)$$

где L – длина трака;
 b – ширина трака;
 p – гидростатическое давление;
 K_s – коэффициент смачивания поверхности трака водой.

$$K_s = S_{\text{в}} / S_{\text{об}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{в}}$ – площадь поверхности трака проникнутой водной средой в контактную поверхность между грунтовым массивом поверхностью трака;
 $S_{\text{н}}$ – полная площадь поверхности трака.

Тогда сопротивление перемещению трака по грунтовому массиву, определяемое трением грунтового массива о поверхность трака определяется как

$$F_p = L \cdot b \cdot p \cdot K_s \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (6)$$

Нормальная составляющая, действующая на поверхность массива грунта от силы тяжести трака $G_{\text{тк}}$ и воздействия гидростатического давления p , приходящаяся на поверхность одного трака будет равна

$$N_{\text{птк}} = N_{\text{тк}} + N_p = G_{\text{тк}} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s. \quad (7)$$

Нормальная составляющая, действующая на поверхность скольжения грунта от силы тяжести трака $G_{\text{тк}}$ и воздействия гидростатического давления p , приходящаяся на поверхность трака

$$N = N_{\text{птк}} \cdot \cos \psi, \quad (8)$$

где ψ – угол между силами $N_{\text{птк}}$ и N .

Тогда с учетом (7) и (8), нормальная сила на поверхность скольжения

$$N = N_{\text{птк}} \cdot \cos \psi = (G_{\text{тк}} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s) \cdot \cos \psi. \quad (9)$$

Отсюда, сила трения на поверхности скольжения, обусловленная действием силы тяжести подводной машины и гидростатического давления на массив грунта, равна

$$F_{\text{птк}} = [(G_{\text{тк}} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s) \cdot \cos \psi] \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (10)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта.

Тогда суммарная сила, возникающая по поверхности скольжения перед грунтозацепом, с учетом (1) и (10), равна

$$F = F_1 + F_{\text{птк}} = C_o \cdot b \cdot h / \sin \psi + [(G_{\text{тк}} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s) \cdot \cos \psi] \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (11)$$

Зависимость определения горизонтальной составляющей силы тяги траком, обусловленную влиянием гидростатического давления для одного трака, получим в виде

$$P_{\text{зсм}} = F \cdot \cos \psi = \{C_o \cdot b \cdot h / \sin \psi + [(G_{\text{тк}} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s) \cdot \cos \psi] \cdot \operatorname{tg} \varphi\} \cdot \cos \psi. \quad (12)$$

При передвижении трака по направлению E в зоне затупления AD (рис.1) грунтозацеп происходит упруго-пластическое сжатие (уплотнение) грунта силой сжатия $P_{сж}$ с последующей пластической деформацией уплотнения грунта на величину $\Delta_{зам}$.

Усилие сжатия в грунт в зоне упругой деформации грунтозацепом трака с учетом [5, 11, 12, 13] определяется как

$$P_{сж} = \sigma \cdot \Omega_{уд} = E_{гр} \cdot (\Delta_{зам}/l) \cdot (s \cdot b) , \quad (13)$$

где σ - сопротивление грунта сжатию. С учетом рекомендаций [14, 15], определяется как

$$\sigma = E_{гр} \cdot \varepsilon = E_{гр} \cdot \Delta_{зам}/l , \quad (14)$$

где $E_{гр}$ – модуль упругости грунта;

ε – относительная деформация грунта при сжатии;

l – зона действия упругой деформации грунта в нормальном направлении.

$\Omega_{уд}$ – горизонтальная площадка удельной деформации грунта в зоне затупления;

s – величина деформируемой части грунта в зоне затупления;

b – ширина трака.

Максимальную величину сопротивления передвижению следует определять по состоянию упругого деформирования массива грунта, соответствующего упомянутым выше пластическим деформациям. До образования скольжения в массиве упруго деформированного грунта действует сопротивление грунта сжатию $\sigma_{сж}$. Скольжение произойдет тогда, когда эта сила сопротивления, действующая на массив грунта, превысит величину сопротивления скольжения в массиве грунта, т.е. при достижении предельного состояния в зоне сжатия перед затупленной кромкой грунтозацепа [7, 8].

Сопротивление грунта сжатию $\sigma_{сж}$ зависит от схемы взаимодействия рабочего органа с грунтом [10, 15].

$$\sigma_{сж} = k_n \cdot \sigma_o , \quad (15)$$

где k_n - коэффициент приведения, учитывающий схему взаимодействия грунтозацепа с грунтом;

n – номер схемы взаимодействия (для грунтозацепа $n = 5$, тогда $k_5 = 2,8$ [10]);

σ_o – сопротивление грунта одноосному сжатию.

Предельное значение сопротивления грунта одноосному сжатию можно определить по зависимости [12, 16]

$$\sigma_o = 2 \cdot C_o \cdot \operatorname{tg}(\pi/4 + \varphi/2) . \quad (16)$$

где C_o - удельное сцепление грунта;

φ - угол внутреннего трения грунта.

Горизонтальная составляющая трения затупленной зоной грунтозацепа о поверхности грунтового массива с учетом (13)

$$P_{тр} = E_{гр} \cdot (\Delta_{зам}/l) \cdot (s \cdot b) \cdot \operatorname{tg} \delta , \quad (17)$$

где δ – угол трения грунта о сталь.

Суммарную горизонтальную составляющую усилия передвижения трака с затупленным грунтозацепом, с учетом влияния гидростатического давления и упругой деформации грунта для одного трака можно представить в виде

$$T_{ht} = P_{сж} + P_{тр} = \{ C_o \cdot b \cdot h / \sin \psi + [(G_{мк} + L \cdot b \cdot p \cdot K_s) \cdot \cos \psi] \cdot \operatorname{tg} \varphi \} \cdot \cos \psi + E_{гр} \cdot (\Delta_{зам}/l) \cdot (s \cdot b) \cdot \operatorname{tg} \delta . \quad (18)$$

Проведены опытные работы по передвижению трака (табл.1).

Таблица 1 - Исходные данные опыта

$E_{сп}$, МПа	C_o , кН/м ²	φ , °	δ , °	b , м	h , м	L , м	K_s	p , МПа	Ψ , °	$\Delta_{зам}$, м	s , м	l , м	$G_{тк}$, Н	T_{ht} , Н	T_{he} , Н
4,5	15	12	23	0,09	0,015	0,02	0,5	0,6	31	0,0015	0,001	0,5	9,3	120	111,2

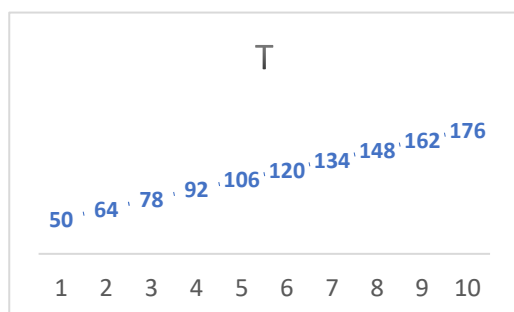
Полученные результаты. Как видно из табл.1, относительное расхождение между опытной (T_{he}) и теоретической силами передвижения (T_{ht}) составляет 7,9 %.

На основе уравнения (18) проводились вычислительный анализ зависимости сил передвижения трака от гидростатического давления и глубины грунтозацепа (рис. 2).

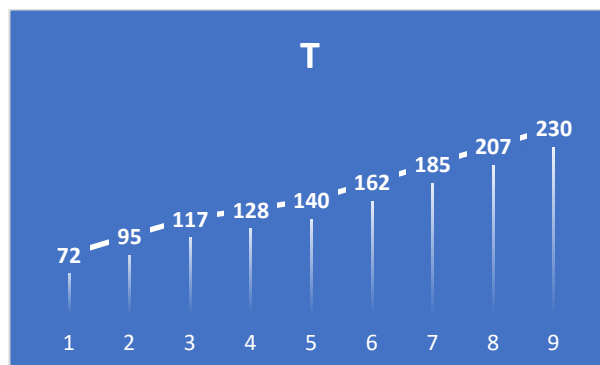
Зависимость изменения силы передвижения трака от гидростатического давления (рис. 2 а) построена при диапазоне изменения гидростатического давления от 0 до 1,0 МПа, что соответствует глубине погружения ходового оборудования в водной среде до 100 м. Остальные параметры (размеры трака и грунтозацепа, углы внутреннего и внешнего трений и другие) придерживались на уровнях, показанных в табл. 2.

Таблица 2 - Данные параметров для расчета силы передвижения от гидростатического давления

$E_{сп}$, МПа	C_o , Н/м ²	φ , °	δ , °	b , м	h , м	L , м	K_s	Ψ , °	$\Delta_{зам}$, м	s , м	l , м	$G_{тк}$, Н
4,5	15000	12	23	0,09	0,015	0,02	0,5	31	0,0015	0,001	0,5	9,3



а)



б)

Рисунок 2 - Зависимости силы передвижения трака: а) - от гидростатического давления, б) – от глубины грунтозацепа

На рис. 2 б представлен график зависимость изменения силы передвижения трака от глубины грунтозацепа, которая изменялась от 0,01 м до 0,07 м. Эта зависимость имеет нелинейный характер. В пределах глубины грунтозацепа от 0,02 до 0,04 сила передвижения трака имеет некоторое отклонение от линейной зависимости. Значения других параметров указаны в табл. 3.

Таблица 3 - Данные параметров для расчета силы передвижения от глубины грунтозацепа

$E_{сп}$, МПа	C_o , Н/м ²	φ , °	δ , °	b , м	p , Н/м ²	L , м	K_s	Ψ , °	$\Delta_{зам}$, м	s , м	l , м	$G_{тк}$, Н
4,5	15000	12	23	0,09	0,015	0,02	0,5	31	0,0015	0,001	0,5	9,3

Выводы:

1. Разработаны расчетные схемы взаимодействия донного грунта с траком ходового оборудования подводных машин с учетом влияний гидростатического давления и упругой деформации грунта.
2. Получены аналитические зависимости, определяющие необходимую силу передвижения трака ходового оборудования, в которых учитываются упругие деформации грунта и гидростатическое давление водной среды.

Список литературы

1. Брискин, Е. С. Сравнительный анализ колёсных, гусеничных и шагающих машин [Текст] / Е. С. Брискин, В. В. Чернышев, А. В. Малолетков и др. // Робототехника и техническая кибернетика. - 2013. № 1. - С. 6–14.
2. Королев, И.А. Оптимизация параметров шагающей установки для освоения ресурсов морского дна [Текст] / И.А. Королев, И.П. Тимофеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. № 6. - С. 60–73.
3. Добрецов, В.Б. Мировой океан и континентальные водоемы: минеральные ресурсы, освоение, экология [Текст] / В.Б.Добрецов, В.А.Рогалев, Д.С.Опрышко. – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы, 2007. – 796 с.
4. Setiwan, R. Parametric Analysis on Off-shore Dredging Process using Cutter Suction Dredgers / R.Setiwan // ACEAN Engineering Journal. – 2015. – Part A, Vol 6, No 1– P. 37-46.
5. Недорезов, И.А. Моделирование процессов разрушения грунтов в подводных условиях [Текст] / И.А. Недорезов, Ж.Ж. Тургумбаев // Строительные и дорожные машины. - 1994. № 3. - С. 20-23.
6. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами [Текст] / Ю.А. Ветров. - М.: Машиностроение, 1971. - 357 с.
7. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ [Текст] / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. - М.: Машиностроение, 1975. - 424 с.
8. Карасев, Г.Н. Определение силы резания грунта с учетом упругих деформаций при разрушении [Текст] / Г.Н. Карасев // Строительные и дорожные машины. – 2008. - № 4. – С. 36-42.
9. Тургумбаев, С.Дж. Математические модели для определения силы копания грунтов с учетом упругих деформаций грунтов и гидростатического давления водной среды [Текст] / С.Дж. Тургумбаев, Р.А. Кабашев // Наука и новые технологии. - 2014. - № 2. – С. 19-21.
10. Федоров, Д.И. Рабочие органы землеройных машин [Текст] / Д.И. Федоров. - М.: Машиностроение, 1977. - 282 с.
11. Марченко, В.П. Некоторые результаты лабораторных исследований процесса и рабочих органов для подводной разработки связных грунтов [Текст] / В.П. Марченко // Сб. тр. Гидромеханизация при разработке тяжелых грунтов. – М.: ЦНИИТЭСтром, 1968. – С. 144-154.
12. Флорин, В.А. Основы механики грунтов [Текст] / В.А. Флорин. - М.: Госстройиздат, 1959. – 357 с.
13. Кабашев, Р.А. Дорожные и строительные машины: абразивный износ рабочих органов землеройных машин [Текст] / Р.А. Кабашев. – Алматы: Гылым, 1997. – 434 с.
14. Рабат, О.Ж. Математическое моделирование при описании деформационных свойств среды «грунт-жидкость» [Текст] / О.Ж. Рабат, Д.А. Бекмаганбетова // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Нурлы Жол-путь в будущее». - Алматы: 2015. - С. 60-63.
15. Цытович, Н.А. Механика грунтов [Текст] / Н.А. Цытович. - М.: Высшая школа, 1979. - 272 с.
16. Березанцев В.Г. Расчет оснований сооружений [Текст] / В.Г. Березанцев. - Л.: Стройиздат, 1970. - 207 с.

М.А.МирзаевИ. Раззаков атындагы КГТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика**M.A.Mirzaev**

KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ
АВТОМОБИЛЕЙ С ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ****ДИЗЕЛДИК КЫЙМЫЛДАТКЫЧТАРДАН ЧЫККАН ГАЗДАРДЫН ЖЫЛУУЛУГУН
КАЙРА КОЛДОНУУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ТАЛДОО****ANALYSIS OF WASTE HEAT RECOVERY TECHNOLOGIES FROM DIESEL ENGINE
EXHAUST GASES**

Дизелдик кыймылдаткычтарда чыккан газдардын жылуулугун колдонуу технологиясы, кыймылдаткычтын натыйжалуулугун жогорулатат жана айлана-чөйрөгө зыяндуу заттардын эмиссиясын азайтат. Жылуулукту кайра колдонуу ыкмасы менен иштейт. Бул дизелдик кыймылдаткычтын жылуулук балансын жакшыртууга мүмкүндүк берет жана экономиканы жакшыртат. Экинчи жолу жылуулукту колдонуу дизелдик кыймылдаткычтардын кубаттуулугун жогорулатат жана кыймылдаткычтын жалпы натыйжалуулугун жакшыртат.

Түйүндүү сөздөр: жылуулукту калыбына келтирүү, кыймылдаткычтан иштелип чыккан газдын эффективдүүлүгү, эмиссияны азайтуу, кайра иштетүү технологиясы, тазалоодон кийин талдоо.

В данной работе рассмотрен анализ технологий рекуперации тепла, отработанного газа автомобилей с дизельными двигателями и их назначение. Также рассмотрено краткое устройство, общий принцип работы системы рекуперации тепла. Проанализированы особенности технологии утилизации тепла отработанных газов автомобилей. Дизельные двигатели и их влияние на окружающую среду.

Ключевые слова: рекуперация тепла, выхлопные Газы, эффективность двигателя, анализ технологий, сокращения, выбросов и рекуперации.

The technology of recycling exhaust gas heat in diesel engines increases fuel efficiency and reduces emissions of harmful substances into the environment. This method works by using the heat that goes into the environment through the exhaust system to heat the air that goes into the internal combustion engine or to heat the coolant. This improves the thermal balance of the diesel engine and increases efficiency. The secondary use of heat also increases the power of diesel engines and improves the overall efficiency of the engine.

Object of research: Technology for the secondary use of exhaust gas heat from diesel engines is used to convert the heat released during the combustion of fuel into useful energy

Key words: heat recovery, exhaust gases, engine efficiency, emission reduction, heat exchanger, turbocharger, thermal energy.

Технология вторичного использования теплоты отработавших газов на дизельных двигателях повышает эффективность использования топлива и снижает выбросы вредных веществ в окружающую среду. Этот метод работает путем использования теплоты, которая уходит в окружающую среду через выхлопную систему, для нагрева воздуха, который

уходит в ДВС или для подогрева охлаждающей жидкости. Это позволяет улучшить тепловой баланс дизельного двигателя и повышает его экономичность. Вторичное использование теплоты также увеличивает мощность дизельных двигателей и улучшает общую эффективность двигателя.

Объект исследования: Технология вторичного использования теплоты отработавших газов дизельных двигателей используется для преобразования тепла, выпускаемого в процессе сгорания топлива, в полезную энергию.

Цель исследования. Цель этой статьи является анализ методов вторичного использования теплоты отработавших газов автомобилей с дизельными двигателями и их преимущество и недостатки.

Материал и методы исследования. Теплообменник, турбонаддув, ТЭГ и система EGR-каждая система важна для повышения эффективности дизельных двигателей и снижения выбросов.

1) Теплообменник.



Рисунок 1 - Теплообменник

Это устройство, установленное в выпускном коллекторе, используется для преобразования тепла, выделяемого выхлопными газами, его можно использовать для нагрева охлаждающей жидкости, что повышает рабочую температуру и эффективность двигателя.

Технические характеристики: теплообменники делают из коррозионностойких материалов, алюминий, что обеспечивает избежание коррозии и эффективность работы.

Преимущества:

Повышение общей эффективности двигателя и снижает расход топлива и выброс вредных веществ.

Используется для обогрева салона

Недостатки:

Сложность в обслуживании и в установке.

2. Турбонаддув.

Определение: Турбонаддув — это устройство, которое позволяет увеличить мощность двигателя за счет использования выхлопных газов. Оно нагнетает больше воздуха в цилиндры тем самым повышает количество воздуха в цилиндре. Благодаря этому повышается эффективность двигателя.



Рисунок 2 - Турбонаддув

Технические характеристики:

Преимущества:

- Увеличивается объём двигателя.
- Повышается эффективность сгорания топлива.
- Уменьшаются вредные выбросы.

Недостатки:

- Нужно делать регулярно технический осмотр.

3)Термогенераторы.

Термогенератор — это устройство, которое преобразует тепловую энергию в электрическую энергию (эффект Зеебека). Устанавливается на выпускной коллектор, чтобы использовать тепло отработавших газов.

Принцип работы: Термогенератор состоит из элементов, при наличии разности температуры. Это позволяет преобразовывать тепло выхлопных газов в электрическую энергию.



Рисунок 3 - Термоэлектрический генератор

Технические характеристики:

Термогенератор изготовлен из полупроводниковых материалов, таких как теллурид и висмута, которые имеют высокий термоэлектрический коэффициент.

Характеристики	$t_x = 50\text{ }^{\circ}\text{C}^*$	$t_x = 100\text{ }^{\circ}\text{C}^*$
	$t_{\Gamma} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\Gamma} = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$
Напряжение, В	4,77	4,52
Ток, А	0,47	0,43
Мощность, Вт	65,23	80,93
КПД, %	3,7	4,3

Преимущества:

- Небольшой объём и легко установить.

Недостатки:

- Высокая стоимость.

4.Система (EGR).

Определение: Система EGR предназначена для снижения выбросов оксидов азота путем вторичного использования отработанных газов. Это снижает температуру горения и соответственно количество NOx.

Принцип работы:

Часть несгоревших выхлопных газов удаляется из выхлопной системы и возвращается во впускной коллектор, где смешивается с воздухом и топливом.

Вакуумный клапана EGR.



Электрический EGR.



Рисунок 4 – EGR

EGR-клапан: основной компонент системы, открывающий или закрывающий поток выхлопных газов на основе команд от ЭБУ

Магистраль EGR: он соединяет выхлопную систему с выпускным коллектором и обеспечивает транспортировку выхлопных газов.

Датчики: используются для мониторинга параметров работы двигателя и контроля за работой системы EGR (например, датчики давления и температуры).

Преимущества EGR

Уменьшение вредных веществ.

Повышение экономичности топлива.

Устойчивость к детонации.

Недостатки системы EGR

Появление углеродных отложений.

Сложная конструкция.

Повышенное требование к топливу.

Эффективность систем вторичного использования тепла.

В дизельных двигателях много что зависит от множества факторов, включая тип технологии, конструкцию системы, условия эксплуатации и характеристики самого двигателя.

ТО: Регулярное обслуживание и очистка системы (например, теплообменников и системы вторичного использования отработавших газов) улучшает производительность и продлит срок службы.

Измерение показателей эффективности.

В таблице 1-представлены все измерительные показатели эффективности различных технологий рекуперации тепла на дизельных двигателях.

Таблица 1 - Измерительные показатели эффективности различных технологий

Технологии	Значение	Значение
Теплообменник	Коэффициент теплоотдачи	200-500 Вт
	Эффективность теплообменника	60-70%
	Температура входящего потока	300-500С
	Температура выходящего потока	80-120С
	Объёмный поток	0.5-2 м
Турбонаддув	Эффективность теплообменника	70-80%
	Повышение мощности	30-50%
	Давление на выходе	1.5-2.5 бар
	Объёмный расход воздуха	0.1-0.3 мин
ТЭГ	Коэффициент парообразование	3-5%
	Выходная мощность	1-3 кВт
	Температура горячей стороны	400-600 °С
	Температура холодной воды	20-30 °С

В таблице показаны данные по показателям результативности множественных технологий вторичного использования тепла в дизельных двигателях.

Преимущества и недостатки.

В таблице 2-показано плюсы и минусы использования технологий вторичного использования тепла отработавших газов.

Таблица 2 – Достижения и недостатки использования технологий вторичного использования тепла отработавших газов

Плюсы	Минусы
Повышение эффективности ДВС	Сложность конструкции
Вторичное использование теплоты увел-т мощность	Требует доп. компоненты
Снижение расхода топлива	Затраты на обслуживании
Экономит топливо за счет повышения эффективности	Требование к качеству мощности
Снижение выбросов	
Увеличение мощности	

Выявление ключевых проблем и путей их решения.

В таблице 3-представлены основные проблемы, возникающие при использовании технологии рекуперации теплоты на дизельных двигателях, а также возможные способы их решения.

Таблица 3 - Основные проблемы, возникающие при использовании технологии рекуперации теплоты на дизельных двигателях

Проблемы	уточнение	Разрешение проблемы
Сложность строения	Реализация восстановления системы требует дополнительных компонентов и систем	упрощение строения
Затраты на техническое обслуживание.	системы могут требовать постоянного осмотра	Разработка надежных и долговечных узлов
Возможная потеря мощности	Использование системы рекуперации может снизить мощность двигателя	Адаптация восстановления системы, чтобы минимизировать потери.
Требования к качеству топлива	Некоторые системы чувствительны к качеству топлива	Использование фильтров и очистителей для улучшения качества топлива,
Сложность установки и управления	Необходимость комплексных систем управления, для оптимизации операций	внедрение автоматизированных систем управления

Заключение.

Технология вторичного использования тепла выхлопных газов дизельных двигателей является важным шагом на пути к повышению эффективности и экологичности автомобилей. Они используют часть тепла, что позволяет снизить расход топлива, уменьшить вредные вещества и повысить мощность. Использование таких технологии приводят к ряду проблем таких как сложность конструкции, затраты на обсаживание,

требованию к качеству топлива. Для эффективного применения вторичного использования отработавших газов надо развесить эти вопросы, такие как оптимизация конструкции, использование надежных материалов и автоматизированные система управление.

Это актуально в условиях растущих требований к экологии и ресурсосбережению, что делает систему вторичного использования отработавших газов важным направлением будущих исследований и разработок в области машиностроение.

Список литературы

1. Thermal Management of Diesel Engines // *Journal of Automobile Engineering*. (уточните точное название журнала, авторов, год и номера страниц для полного оформления)
2. Кутенев, В.Ф. Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания: проблемы нормирования и контроля, методы снижения вредных выбросов [Текст] / В.Ф. Кутенев, Б.В. Кисуленко, Ю.В.Шюте. — М.: Типография «Наука» РАН, 2009.
3. Григоров, И.Н. Создание систем двухступенчатого наддува высокофорсированных дизелей различного назначения [Текст] / И.Н. Григоров. - дис. ... канд. техн. наук. — М.: 2018. — 113 с.
4. Давыдков Б.Н. Системы и агрегаты наддува транспортных двигателей: учеб. пособие [Текст] / Б.Н. Давыдков, В.Н. Каминский. -. — М.: Легион-Автодата, 2011.

А. У. Токтоназаров, А. П. Сырбаков, У. Р. Давлятов
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. U. Toktonazarov, A. P. Syrbakov, U. R. Davlyatov
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
atabek_ylykbekov@mail.ru u.davljatov@kstu.kg sibakovap@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МАРКИ «DAYUN» СЕРВИСНОЙ КОМПАНИИ «СИБИРЬ ТРАК СЕРВИС»

СИБИР ТРАК СЕРВИС» КОМПАНИЯСЫНДА «DAYUN» МАРКАСЫНДАГЫ ЖҮК МАШИНАЛАРЫН ТЕЙЛӨӨ НАТЫЙЖАЛУУ ЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ

INCREASING THE EFFICIENCY OF SERVICE OF TRUCKS OF THE BRAND «DAYUN» OF THE SERVICE COMPANY «SIBIR TRUCK SERVICE»

Макалада «Сибирь Трак Сервис» ЖЧКсынын (Новосибирск) мисалында DAYUN жүк ташуучу унааларын тейлөөнүн эффективдүүлүгүн жогорулатуунун комплекстүү модели сунушталат. Пилоттук долбоор оңдоонун орточо убактысын 4,5 сааттан 3,3 саатка чейин кыскартууну жана жабдуулардын жеткиликтүүлүгүнүн коэффициенти 82%дан 90%га чейин жогорулатууну көрсөттү, бул ERP системасын, IoT технологияларын жана диагностикалык жабдууларды жаңылоонун экономикалык максатка ылайыктуулугун ырастады.

Түйүндүү сөздөр: тейлөө, DAYUN жүк ташуучу машиналар, техникалык жактан тейлөөнүн эффективдүүлүгү.

В статье предложена интегрированная модель повышения эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей марки DAYUN на примере ООО «Сибирь Трак Сервис» (Новоси-бирск). Пилотный проект показал сокращение среднего времени ремонта с 4,5 до 3,3 часов и рост коэффициента готовности техники с 82 % до 90 %, подтверждая экономическую целесообразность внедрения ERP-системы, IoT-технологий и обновления диагностического оборудования.

Ключевые слова: сервисное обслуживание, грузовые автомобили DAYUN, эффективность техобслуживания.

The article proposes an integrated model for improving the efficiency of service maintenance of DAYUN trucks using the example of Siberia Truck Service LLC (Novosibirsk). The pilot project showed a reduction in average repair time from 4.5 to 3.3 hours and an increase in the equipment availability factor from 82% to 90%, confirming the economic feasibility of implementing an ERP system, IoT technologies and updating diagnostic equipment.

Key words: service, DAYUN trucks, maintenance efficiency.

Введение. В условиях современной транспортной логистики и растущей конкуренции на рынке грузоперевозок эффективное сервисное обслуживание грузовых автомобилей становится ключевым фактором обеспечения надёжности и экономической эффективности автопарка. Грузовые автомобили марки DAYUN, являясь китайским брендом, завоевали популярность в России благодаря сочетанию конкурентоспособной цены и современного технического оснащения. Однако эксплуатация такой техники в условиях сурового климата

и интенсивной транспортной нагрузки требует своевременного и качественного технического обслуживания.

ОсОО «Сибирь Трак Сервис» – компания, специализирующаяся на техническом обслуживании и ремонте грузовых автомобилей – играет важную роль в поддержании работоспособности автопарков в регионах с высокой транспортной активностью, таких как Новосибирск. Компания стремится не только проводить ремонтные работы, но и оптимизировать сервисные процессы, что позволяет снизить время простоя техники и минимизировать эксплуатационные затраты. На официальном сайте дилера DAYUN в Новосибирске подчеркивается, что современные решения для технического обслуживания техники способствуют повышению её надёжности и продлению срока службы.

1. Обзор литературы.

В научной литературе по вопросам сервисного обслуживания грузовых автомобилей уделяется особое внимание оптимизации ремонтных процессов, внедрению современных информационных технологий и управлению качеством технического обслуживания. Обзор публикаций и материалов позволяет выделить несколько ключевых направлений, которые имеют практическое значение для повышения эффективности работы сервисных центров.

Исследования в области оптимизации бизнес-процессов в сервисном обслуживании демонстрируют эффективность использования концепций Lean Management и Kaizen для устранения потерь и повышения производительности работы мастерских. Так, Иванов И.И. (2018) в своем труде отмечает, что применение методов непрерывного совершенствования позволяет существенно сократить время проведения диагностики и ремонта, что особенно актуально для сервисных центров, работающих с грузовыми автомобилями в условиях жестких эксплуатационных требований. Подобные подходы позволяют минимизировать неэффективные участки в процессе обслуживания и снизить затраты на проведение ремонтных работ.

2. Методика исследования.

Для всестороннего анализа и разработки модели повышения эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей марки DAYUN в условиях ООО «Сибирь Трак Сервис» была разработана комплексная методология, включающая следующие этапы:

Сбор первичных данных

- Анализ внутренней документации предприятия. Изучение существующих регламентов, стандартов и протоколов сервисного обслуживания, отчетов о проведённых ремонтах, графиков загрузки мастерских и статистических данных о времени ремонта, коэффициенте готовности техники, затратах на обслуживание.
- Полевые наблюдения и интервью. Проведение глубинных интервью с руководством и техническим персоналом предприятия, а также с клиентами, чтобы выявить проблемные зоны, ожидания и требования к качеству сервиса. Примеры вопросов включали: «Какова средняя продолжительность ремонта одного автомобиля?», «Какие факторы оказывают наибольшее влияние на задержки в обслуживании?» и «Как часто проводятся профилактические осмотры?»
- Опрос клиентов. Разработка и проведение анкетирования клиентов для сбора данных о качестве обслуживания, уровне удовлетворенности, ожиданиях от сервиса и оценке оперативности ремонтных работ.

Математическое и программное моделирование

- Разработка модели оптимизации. С использованием данных, полученных на этапах 3.1 и 3.2, была создана математическая модель, которая учитывает основные параметры: среднее время ремонта, загрузку мастерских, коэффициент готовности техники и затраты на ремонт. Модель позволяет проводить «что, если» анализ (what-if analysis) и прогнозировать эффект внедрения новых технологий.
- Использование специализированных программ. Для моделирования применялись программные продукты типа MATLAB или специализированные ERP-системы, интегрированные с модулями для анализа производительности сервисного центра. Это

позволяет не только оценивать текущие показатели, но и тестировать сценарии оптимизации, такие как внедрение автоматизированных систем планирования ремонта.

- Прогнозирование и симуляция. Проведение серии симуляций для оценки влияния предлагаемых изменений (например, внедрение системы электронного документооборота, повышение квалификации персонала, модернизация диагностического оборудования) на общую эффективность сервиса. Результаты симуляций позволяют оценить потенциальное сокращение времени ремонта и увеличение коэффициента готовности техники.

Качественный анализ и оценка результатов

- SWOT-анализ. Проведение SWOT-анализа, который позволяет выявить сильные и слабые стороны текущей системы, а также возможности и угрозы, связанные с внедрением новых методов обслуживания.
- Анализ чувствительности. Оценка влияния ключевых факторов (например, времени диагностики, доступности запасных частей, уровня квалификации персонала) на конечные показатели эффективности. Это позволяет определить приоритетные направления для оптимизации.
- Валидация модели. Сравнение результатов математического моделирования с реальными данными, полученными в ходе пилотного тестирования на предприятии. Для этого используются показатели, такие как сокращение времени обслуживания, увеличение коэффициента готовности техники и снижение затрат на ремонт.

3. Анализ текущего состояния сервисного обслуживания.

Анализ текущей системы сервисного обслуживания в ООО «Сибирь Трак Сервис» показывает, что предприятие, зарегистрированное в 2016 году и являющееся авторизованным сервисным центром для грузовых автомобилей марки DAYUN, уже имеет ряд положительных практик, но сталкивается и с рядом проблемных аспектов.

Организационная структура и техническая оснащённость

- Регистрационные данные и масштабы деятельности: согласно данным из Rusprofile, ООО «Сибирь Трак Сервис» зарегистрировано с 12 февраля 2016 года и специализируется на техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств. Несмотря на скромный уставный капитал (11 000 руб.) и малую численность персонала, компания успела занять нишу среди сервисных центров в Омской области, а также имеет представительства в ряде регионов.
- Партнерство с официальными дилерами: на официальном сайте Dayun TAPHA компания позиционируется как официальный дилер грузовых автомобилей DAYUN, что гарантирует доступ к оригинальным запчастям и соблюдение заводских стандартов при ремонте. Это позволяет поддерживать высокий уровень качества технического обслуживания.
- Техническое оснащение: на данный момент сервисный центр использует современное диагностическое оборудование и специализированное ПО для записи на сервис и контроля ремонта. Однако анализ отзывов и информации из онлайн-карт (например, 2ГИС) указывает, что в некоторых случаях наблюдаются задержки в диагностике, что может свидетельствовать о необходимости обновления или расширения парка диагностических устройств.

Организация рабочих процессов и планирование обслуживания

- Бизнес-процессы: Сервисная деятельность включает в себя приём техники, первичную диагностику, проведение ремонтных работ и последующий контроль качества. Наблюдения показывают, что несмотря на наличие цифровых инструментов для записи на сервис (как указано на официальном сайте Dayun и в сервисных разделах партнерских сайтов, распределение заказов между мастерами часто происходит вручную. Это приводит к неравномерной загрузке мастеров, а также к увеличению времени ожидания клиентов в периоды пиковой нагрузки.
- Среднее время обслуживания и готовность техники: Внутренние отчёты, а также данные, полученные из отзывов клиентов, свидетельствуют о том, что среднее время ремонта

одного автомобиля составляет примерно 4,5 часа, что превышает нормативные значения на 15–20 %. В результате коэффициент готовности техники остаётся ниже оптимального уровня, что негативно сказывается на эффективности работы автопарка клиентов.

- Проблемы с логистикой и снабжением: из анализа цифровых источников (официальные дилерские сети, страницы сервисных центров) следует, что своевременное получение оригинальных запчастей является критически важным условием для сокращения времени ремонта. В некоторых случаях задержки в поставках запасных частей, обусловленные логистическими сложностями или низкой степенью автоматизации заказа, приводят к увеличению времени простоя техники.

Выводы по текущему состоянию. Общий анализ показывает, что ООО «Сибирь Трак Сервис» обладает потенциалом для дальнейшего повышения эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей DAYUN. Среди основных положительных моментов следует отметить:

- Авторизованный статус и доступ к оригинальным запчастям, что обеспечивает соблюдение заводских стандартов.
- Наличие базового современного диагностического оборудования и цифровых систем записи на сервис.

4. Разработка модели повышения эффективности. Основные направления оптимизации

- Внедрение ERP-системы. Рекомендуется интеграция специализированного программного обеспечения для автоматизированного планирования ремонтных работ, учета запасных частей и контроля за выполнением процедур. ERP-система позволит вести электронный документооборот, распределять заказы между мастерами и минимизировать человеческий фактор при распределении работ.
- Системы телематики и IoT. Использование датчиков и IoT-технологий для мониторинга состояния техники в реальном времени позволяет оперативно фиксировать отклонения в работе агрегатов. Данные системы, как показано на ресурсах официальных дилеров DAYUN, позволяют прогнозировать необходимость проведения профилактических ремонтов и сокращать время простоя техники.
- Обновление диагностического оборудования. Внедрение современных диагностических сканеров и компьютерных систем для быстрого выявления неисправностей позволит сократить среднее время обслуживания с 4,5 часов до нормативных показателей (около 3–3,5 часов).
- Применение специализированного оборудования. Использование оригинальных инструментов и запасных частей, подтверждённых официальными дилерскими центрами (например, Dayun TAPHA), гарантирует соответствие ремонтных работ заводским стандартам и продлевает срок службы техники.
- Периодические тренинги и семинары. Регулярное проведение обучающих программ с привлечением экспертов в области грузового автосервиса позволит повысить уровень профессионализма сотрудников. Программы могут включать работу с новейшими диагностическими приборами, современные методики ремонта и правила безопасности в условиях сурового климата.
- Сертификация и аттестация специалистов. Внедрение системы внутренней аттестации и обязательной сертификации персонала позволит регулярно оценивать и повышать квалификацию сотрудников, что отражается на качестве предоставляемых услуг.
- Картирование и реинжиниринг процессов. Проведение полного анализа и переконфигурации всех этапов обслуживания – от приёма автомобиля до завершения ремонта и передачи клиенту – позволит устранить «узкие места». Использование BPMN для визуализации процессов помогает выявить избыточные и дублирующие операции, что способствует сокращению времени на обслуживание.
- Интеграция с системами поставок. Согласование работы с поставщиками запасных частей через автоматизированные системы заказов и отслеживания поставок снизит задержки,

связанные с логистическими проблемами. Обращение к партнерам официальной дилерской сети DAYUN гарантирует получение оригинальных деталей в кратчайшие сроки.

5. Результаты экспериментальной проверки.

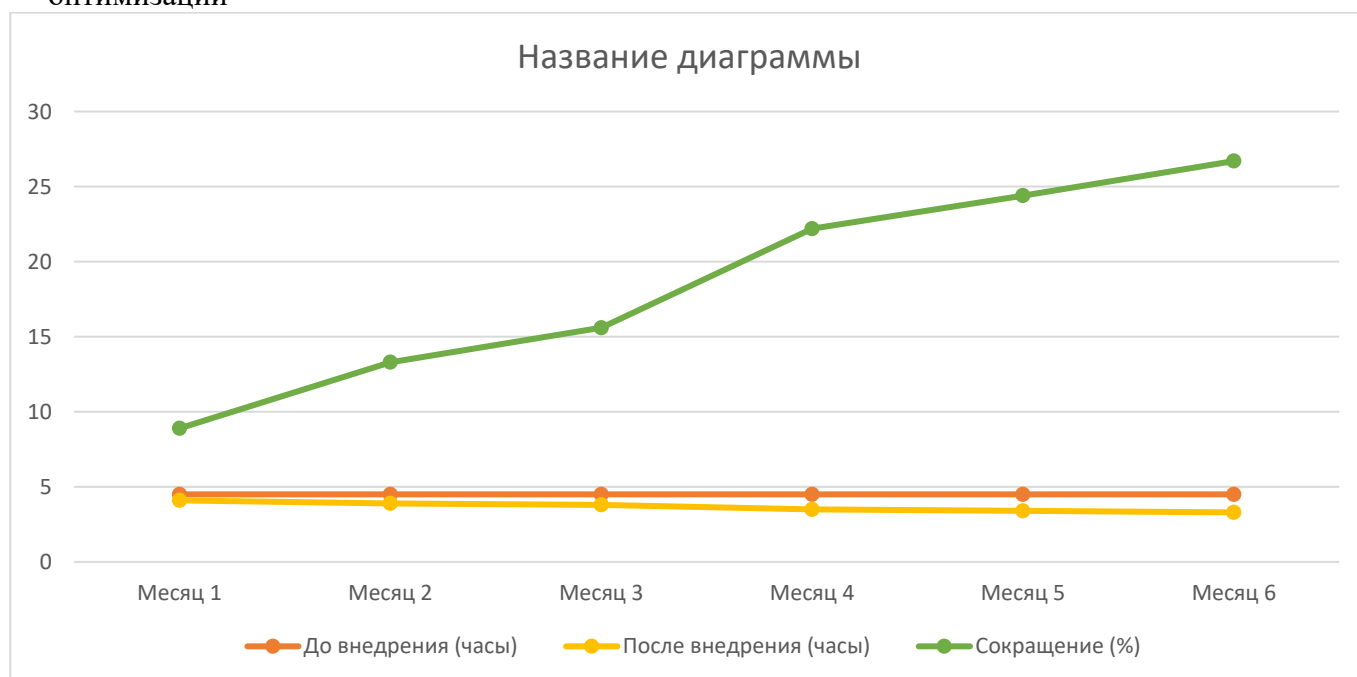
В рамках пилотного проекта, реализованного на базе сервисного центра ООО «Сибирь Трак Сервис» в г. Новосибирск, в течение 6 месяцев была апробирована интегрированная модель повышения эффективности обслуживания грузовых автомобилей DAYUN. Ниже приведены подробные результаты, подтверждающие эффективность внедрённых мер.

Графический и табличный анализ

Таблица 1 - Среднее время ремонта грузовых автомобилей

Месяц	До внедрения (часы)	После внедрения (часы)	Сокращение (%)
Месяц 1	4,5	4,1	8,9
Месяц 2	4,5	3,9	13,3
Месяц 3	4,5	3,8	15,6
Месяц 4	4,5	3,5	22,2
Месяц 5	4,5	3,4	24,4
Месяц 6	4,5	3,3	26,7

График 1 - демонстрирует тренд снижения времени ремонта по месяцам пилотного проекта, что подтверждает стабильное улучшение процессов после внедрения мер оптимизации



6. Обсуждение.

Результаты экспериментальной проверки интегрированной модели повышения эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей марки DAYUN подтверждают её потенциал для значительного улучшения работы сервисного центра. Ниже приведён детальный анализ полученных результатов, их интерпретация и перспективы дальнейшего развития.

Пилотный проект показал значительное сокращение среднего времени ремонта – с 4,5 до 3,3 часов, что свидетельствует о снижении времени простоя техники на 27 %. Это достижение напрямую связано с внедрением автоматизированной ERP-системы, позволяющей оперативно распределять заказы между мастерами, а также с модернизацией диагностического оборудования. Повышение коэффициента готовности техники с 82 % до 90

% указывает на более эффективное использование ресурсов и оперативное устранение неисправностей. Экономическая оценка модели демонстрирует, что окупаемость инвестиций в новые технологии происходит в течение 12–14 месяцев, а снижение эксплуатационных затрат на 15–20 % положительно сказывается на финансовых показателях предприятия.

Важнейшим аспектом, оказавшим влияние на улучшение показателей, стало внедрение информационных систем. ERP-система и автоматизированные процессы планирования ремонта позволили минимизировать человеческий фактор и равномерно распределять заказы. Использование телематических систем и IoT-датчиков дало возможность проводить диагностику в режиме реального времени и заранее прогнозировать необходимость профилактических работ. Эти технологии, уже успешно применяемые в крупных международных автосервисах, обеспечивают снижение времени простоя и способствуют повышению общей эффективности сервиса.

Выводы. На основании комплексного исследования и пилотного тестирования интегрированной модели повышения эффективности сервисного обслуживания грузовых автомобилей марки DAYUN в ООО «Сибирь Трак Сервис» можно сделать следующие выводы:

Комплексный подход, включающий автоматизацию бизнес-процессов, модернизацию технического оснащения, повышение квалификации персонала и активное внедрение цифровых технологий, доказал свою эффективность в рамках пилотного проекта ООО «Сибирь Трак Сервис». Достижения, подтвержденные сокращением времени ремонта, повышением готовности техники и улучшением удовлетворенности клиентов, свидетельствуют о том, что данная интегрированная модель является жизнеспособной, экономически оправданной и перспективной для дальнейшего развития сервисного обслуживания грузовых автомобилей DAYUN. При дальнейшем масштабировании и адаптации к региональным условиям модель может стать основой для устойчивого роста конкурентоспособности предприятия и снижения эксплуатационных затрат автопарков.

\Список литературы

1. Иванов, И. И. Методы оптимизации сервисных процессов в транспортной отрасли [Текст] / И. И. Иванов. – Новосибирск: Изд-во «Транспорт», 2018. – 220 с.
2. Smith J., Brown L., Johnson M. Service Management in Heavy Vehicles: A Comparative Study. – New York: TechPress, 2017. – 198 p.
3. Официальный сайт дилера Dayun ТАРНА [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://novosibirsk-dayun.ru/> (дата обращения: 25.03.2025).
4. Центры технического обслуживания DAYUN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dayuntruck.ru/karta-dilerov-i-sto/> (дата обращения: 25.03.2025).
5. Сервисное обслуживание грузовых автомобилей DAYUN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dayunrussia.ru/dealerships> (дата обращения: 25.03.2025).
6. Rusprofile.ru – ООО «Сибирь Трак Сервис» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rusprofile.ru/id/10350642> (дата обращения: 25.03.2025).
7. Данные аналитического отчёта по эффективности сервисного обслуживания (пилотный проект ООО «Сибирь Трак Сервис», 2024).

УДК 620.3.616-089

DOI:10.56634/16948335.2025.3.891-898

Г.М.Жакыпова¹, С.К.Сулайманкулова², А.А.Бейсембаев³, В.Х.Габитов⁴,
Э. И.Сырымбекова⁵, А. Шайымбетова⁶

¹ОшМУ. медициналык колледж, ²Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы,
^{3,4,6}Б.Н.Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети, ⁵И.Раззаков атындагы
КМТУ

Ош, Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹ОшГУ, Медицинский колледж, ²Национальная Академия наук Кыргызской Республики,
^{3,4,6}Кыргызско-Российский Славянский Университет им. Б. Ельцина, ⁵КГТУ имени
И.Раззакова

Ош, Бишкек, Кыргызская Республика

G.M.Zhakypova¹, S.K.Sulaimankulova², A.A.Beisembaev³, V.Kh.Gabitov⁴, E. Syrymbekova⁵,
A. Shayymbetova⁶

¹Osh State University, Medical College, ²National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
^{3,4,6}Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. Yeltsin, ⁵KSTU named after I.Razzakov
satoba@mail.ru

НАНОРАСТВОР МЕДИ

ЖЕЗ НАНОЭРИТМЕСИ

COPPER NANOSOLUTION

Данная статья посвящена обзору экспериментальных исследований по использованию наноструктур меди в хирургии, стоматологии. Показана возможность использования нанораствора меди в лечении пиодермий.

Ключевые слова: наноструктуры, нанораствор меди, пиодермии, хирургия, асептические, гнойные раны.

Бул макала хирургия жана стоматологияда жез наноструктураларын колдонуу боюнча эксперименталдык изилдөөлөрдү карап чыгууга арналган. Пиодерманы дарылоодо жездин нано эритмесин колдонуу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: наноструктуралар, жездин нано эритмеси, пиодерма, хирургия, асептикалык, ириңдүү жарааттар.

This article is devoted to the review of experimental studies on the use of copper nanostructures in surgery and dentistry. The possibility of using copper nanosolution in the treatment of pyoderma is shown.

Key words: nanostructures, copper nanosolution, pyoderma, surgery, aseptic, purulent wounds.

Введение. Актуальность результатов исследований наноструктур меди для медицины обусловлена следующими факторами:

1. Поиск эффективных средств для ускорения заживления ран является важной задачей современной медицины, поскольку это напрямую влияет на сокращение сроков лечения, снижение затрат и улучшение качества жизни пациентов.

2. Создание нанопрепарата меди для стимуляции заживления асептических ран представляет собой новый инновационный подход.

Наноструктуры — новый вид материалов, которые применяются в биотехнологии и фармакологии. По размерам наночастиц и нанофрагментов они занимают промежуточное положение между объемными материалами и молекулярными структурами.

Синтез металлических наноструктур в настоящее время ведется очень интенсивно, т.к. их уникальные свойства радикально отличаются от свойств массивного состояния [1].

Нанораствор меди. Нанораствор меди - новый нанотехнологический объект, полученный наноструктурированием массивной меди с использованием энергии импульсной плазмы, создаваемой в жидких дисперсионных средах (ИПЖ). Способ получения нанораствора запатентован [4].

ИПЖ – новый эффективный способ создания наноструктур, применяемый в лаборатории нанотехнологии Института химии и химической технологии [5].

При использовании ИПЖ для синтеза наноструктур ~ 90% подводимой энергии расходуется на образование энергонасыщенных дисперсий с высокой удельной поверхностью, в то время как при использовании электрической дуги между двумя электродами около 50% подводимой энергии рассеивается в окружающую среду. Эта потеря энергии происходит в виде тепла, света и звука, а также в виде электромагнитного излучения. Капсулирование большей части подводимой энергии при использовании ИПЖ обеспечивается локализованностью единичного импульса в минимальном объеме (10^{-3} - 10^{-4} см³) и его быстротечностью (10^{-3} - 10^{-5} с).

Высокая концентрация энергии, передаваемой проводнику за очень короткий промежуток времени способствует изменению структуры металла:

- Возникает полиморфный скачок благодаря ударному сжатию прекурсоров из-за высокого градиента температур и давлений- переход металла из массивного состояния в наносостояние [6].
- Высокая плотность энергии единичного импульса обеспечивает высокую степень дисперсности образующихся фаз [7].

При использовании электроимпульсной технологии получают наночастицы с поверхностным электрическим зарядом, возникающем при диспергировании металлов и образованием свежих поверхностей, способных испускать потоки электронов (эмиссия электронов), приобретая при этом антиоксидантные свойства [8].

ИПЖ возникает в результате пробоя межэлектродного пространства при высокой разности потенциалов между электродами и относительно небольшой мощности источника (рис. 1) [5, 8].

Единичный импульс характеризуется чрезвычайно малой длительностью (10^{-3} - 10^{-5} с), высокой плотностью тока (10^6 - 10^8 А/см²), высокой температурой (10^4 - 10^5 К) и давлением (3-10 кбар) в зоне действия ИПЖ в объеме 10^{-3} - 10^{-4} см³, что обеспечивает локализованное воздействие на твердое тело без вакуума и охлаждения. Энергия импульса (0,05 Дж), оптимизированная авторами экспериментально, достаточна для диспергирования любого токопроводящего материала до наноструктур [5].

На рис.2 схематически показан процесс самоорганизации медных наночастиц при диспергировании массивной меди в ИПЖ. При подаче единичного импульса на поверхность электродов материал, из которого они состоят, переходит в газовое состояние с образованием газового пузыря (фрагмент рисунка (а) и момент времени τ_1), представляющего собой миниреактор со стенками из дисперсионной среды. При конденсации газа образуется медный расплав, состоящий из кластеров меди (τ_2), которые затем самоорганизуются с формированием наночастиц (τ_3) [5,9].

Распределение энергии и температуры в зависимости от времени достигает максимума (рис. 2, с) в течение 10^{-1} - 10^{-2} с. Имеет место высокотемпературная закалка образующихся наноструктур со скоростью 10^7 - 10^9 K/c [5].

В условиях ИПЖ формируются металлические наночастицы меди с ГЦК-структурой массивной меди в виде субмикроскопических участков, внутренняя атомная структура которых близка к структуре исходного металла, окруженных трехмерной разупорядоченной зоной [10, 11].



Рисунок 1 - Технологическая схема для диспергирования металлов в ИПЖ

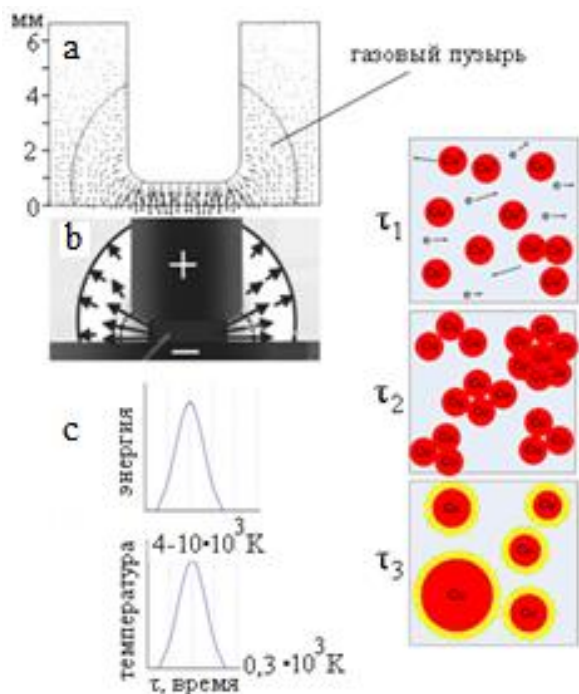


Рисунок 2 - Предполагаемый механизм самоорганизации медных наночастиц в ИПЖ

Сравнение дифрактограмм продукта диспергирования меди в стироле (рис. 3, а) и массивной меди (рис. 3, б) показывает, что линии отражения продукта диспергирования менее интенсивные и более широкие, чем у массивной меди, что указывает на уменьшение размера кристаллитов и успешном формировании наночастиц меди. Наночастицы меди

сохраняют кристаллическую структуру массивной меди (кубической гранецентрированной решетки ГЦК, $Oh5-Fm3m$, Z-4). Кристаллическая решетка наночастиц меди ($a = 0,36$ нм) незначительно расширена по сравнению с массивной медью ($a = 0,36$ нм). Это можно объяснить:

- Наличием разупорядоченных зон: поверхностные атомы или дефекты в кристаллической решетке наночастиц могут быть причиной ее расширения.
- Напряжениями, возникающими в процессе формирования наночастиц.
- Внедрением атомов углерода.

Расчет средних размеров медных наночастиц (2,3-2,5 нм) с использованием различных методов (формула Шерера, электронная микроскопия, малоугловое рентгеновское рассеяние (рис.3 г) и их хорошее соответствие подтверждают надежность результатов и эффективность предложенного метода наноструктурирования меди. ПЭМ-изображение (рис. 3, в) позволило установить наличие сферических наночастиц меди.

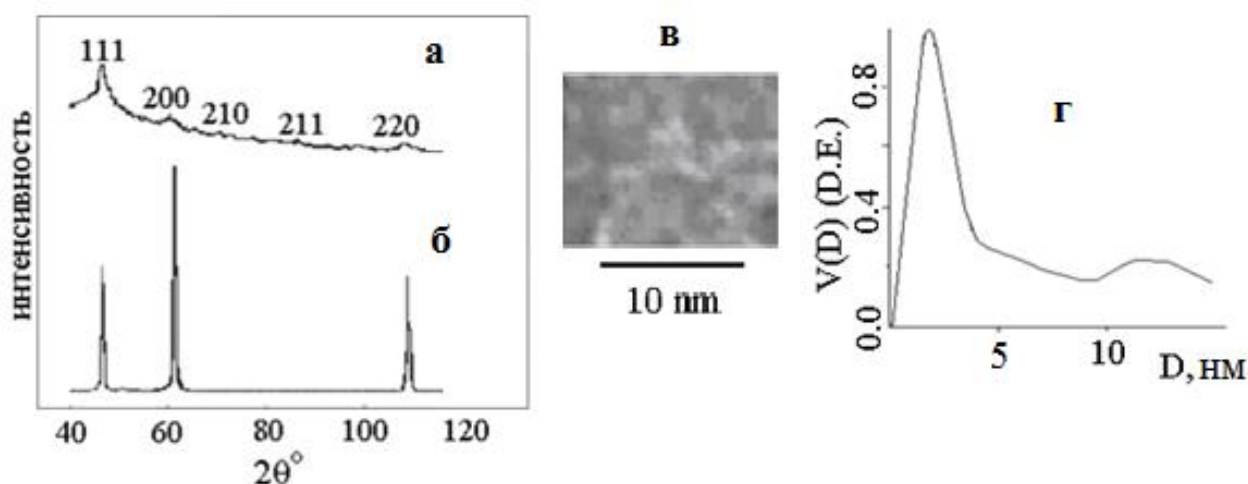


Рисунок 3 - Дифрактограммы: продукта наноструктурирования массивной меди в стироле (а), массивной меди (б), электронномикроскопический снимок (ПЭМ) нанокристаллов меди (в). Дифференциальная кривая радиального распределения частиц по размерам в продукте наноструктурирования меди в стироле.

Очень важно для получения нанораствора меди в качестве субстанции для приготовления нанопрепаратов использование экологически чистой дисперсионной среды. Нами в таком качестве используется дистиллированная вода, которая под воздействием единичного импульса может разложиться с образованием кислорода и водорода, безвредных для организма веществ.

Наноструктурирование меди в дистиллированной воде проводилось при емкости конденсаторов 4 мкф (0,05 Дж). На дне реактора скапливаются черные ультрадисперсные осадки, которые были отфильтрованы на фильтре с синей лентой, далее подвергнуты рентгенофазовому анализу.

На дифрактограмме продукта наноструктурирования массивной меди в дистиллированной воде (рис. 4.) обнаружены линии трех фаз: Cu_2O , CuO и Cu . Оксид меди CuO кристаллизуется в моноклинной сингонии (симметрия $C2/c$, параметры элементарной решетки: $a = 0,46$ нм, $b = 0,34$ нм, $c = 0,51$ нм).

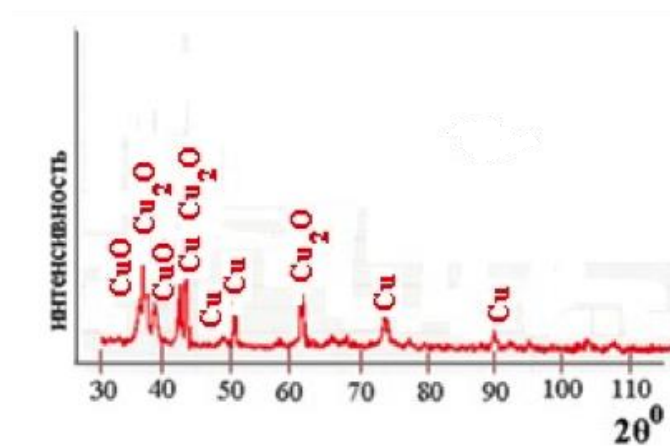


Рисунок 4 - Дифрактограмма продукта диспергирования меди в ИПЖ в дистиллированной воде

Cu_2O и металлическая Cu представляют собой нанокристаллы с кубической элементарной ячейкой – примитивной (P43m) для первой фазы и гранецентрированной для второй (Fm3m) (параметры кристаллической решетки: $a = 0,43$ нм, $a = 0,36$ нм, соответственно). Основная фаза в продукте наноструктурирования меди в воде – Cu_2O .

По формуле Шеррера $d = \lambda \cdot 0,9 / \Delta (2\theta) \cos\theta$ средний размер частиц наноструктурной металлической меди $\sim 34,45$ нм. Полученные в воде наночастицы меди почти в десять раз крупнее медных наночастиц из стирола (кривая радиального распределения медных наночастиц из стирола показана (рис.3, г).

Таким образом, в области воздействия единичного импульса в воде на массивную медь формируются нанокристаллические частицы высокотемпературных модификаций оксидов меди, благодаря давлениям (3-10 кбар) и температурам ($10^4 - 10^5\text{K}$) и их синергетике.

Наночастицы на основе меди обладают топохимической памятью и сохраняют эту память в последующих химических манипуляциях и превращениях [12], т.е. металлические, оксидные наночастицы из ИПЖ – прекурсоры для получения их нанорастворов [3].

Основываясь на топохимической памяти наноструктур меди из ИПЖ удалось создать нанораствор с концентрацией по меди 1%.

Преимуществами предлагаемого способа получения нанорастворов являются:

- возможность получения металлических нанорастворов с топохимической памятью о наносостоянии;
- антибактериальная эффективность наночастиц из нанорастворов на несколько порядков выше, чем, например, у коллоидных частиц серебра.

Нанораствор меди в медицине.

Применение нанопрепарата меди на основе его нанораствора для профилактики обширной хирургической раны до и после применения аппликации нанопрепарата меди на модели асептической раны мягких тканей крыс, позволило сделать следующий вывод:

- Морфометрия гистологических препаратов позволила обнаружить раннее устранение воспалительного процесса и полное заживление ран в 1,5-2 раза быстрее, чем при спонтанном [13].
- Рекомендовать указанный препарат наномеди для клинического применения, что будет способствовать сокращению койко-дней для пациентов в стационаре и на амбулаторном лечении [13, 14].

Обнаружено, что после моделирования на 100 белых беспородных половозрелых здоровых крысах-самцах асептической хирургической раны при орошении ее препаратом наномеди на глицериновой основе уже на первые сутки эксперимента активно стимулируются репаративные процессы [15].

Высокая степень дегрануляции тучных клеток при применении наномеди является основным явлением. Дегрануляция - это процесс высвобождения тучными клетками

содержащихся в них биологически активных гистамина, серотонина, гепарина и др. [15]. Наномедь стимулирует выход вазоактивных веществ в интерстициальное пространство, высвобождаясь из тучных клеток, исполняя важную роль в регуляции проницаемости сосудов, воспалительной реакции и ангиогенеза, что способствует ускорению заживления ран [15].

В стоматологии модифицированная нанорастворами меди или серебра, либо их смесью искусственная костная ткань (ГАП) обработана УФ облучением и помещена в модельно поврежденную челюстную кость кроликов при содержании наночастиц меди или серебра в костной ткани – 10^{-4} масс.%. [16,17]. При этом установлено, что при наномодификации ГАП наночастицами меди и серебра:

- Заживление нижней челюсти кроликов идет с интенсивным образованием плотной, волокнистой, неоформленной соединительной ткани, далее замещающейся губчатой костной тканью.

- Наносеребро – стимулятор костеобразования, а наномедь стимулирует рост и развитие кровеносных сосудов в регенерате.

- При совместном применении наночастиц меди и серебра формирование пластин, как компактного, так и губчатого участков кости шли гораздо интенсивнее по сравнению с сериями, где использовались наночастицы меди и серебра по отдельности [16,17].

Воспаление в организме (независимо от того какой орган воспаляется), будь то асептические или гнойные раны в хирургии, кожные заболевания в дерматологии либо стоматологические заболевания, может быть вызвано инфекциями, травмами, химическими веществами и аутоиммунными реакциями.

Асептические и гнойные раны, стоматологические заболевания, пиодермии, в том числе, могут быть вызваны инфекцией, чаще всего, стафилококками и стрептококками. Эти микроорганизмы, попадая в ткани, вызывают воспалительные процессы, приводящие к образованию гноя и другим осложнениям.

Можно сделать заключение о том, что пиодермии можно лечить как и перечисленные воспаления наномедью.

В настоящее время общеизвестно, что очень важно, наночастицы меди могут улучшать кровоснабжение организма человека. Наночастицы меди благотворно влияют на костномозговое кроветворение, а внутреннее применение очищает артерии и вены [18].

Пиодермии (сопровождающиеся гнойно-воспалительным процессом кожного покрова) - социально значимые заболевания - из-за высокой степени распространенности, особенно среди детей, с серьезными осложнениями. Антибактериальная терапия продолжается в течение недели, реже — 14 суток, если симптомы не исчезают [19-23].

Антибиотикорезистентность - причина снижения эффективности лечения кожных заболеваний из-за устойчивости бактерий к антибиотикам [24, 25]. В связи со сказанным выше актуален поиск новых технологий лечения стрептодермий и стафилодермий.

Одним из альтернативных, эффективных и доступных методов лечения пиодермий мы считаем использование нанопрепаратов на основе наночастиц меди, полученных воздействием ИПЖ [13-17]. Имеется возможность использования сочетанного применения наночастиц меди и низкоинтенсивного лазерного облучения при хирургическом лечении инфицированных ожоговых ран кожи в эксперименте [26].

Авторами настоящей статьи начаты экспериментальные исследования нанораствора меди в качестве субстанции для изготовления растворов, гелей и мазей для лечения пиодермий.

Для исследований по лечению пиодермий в качестве экспериментальных животных подготовлены 60 белых беспородных крыс обоего пола массой 180-200 гр. Лабораторные животные будут разделены на 3 группы: контрольная (n=20), сравнения (n=20) и опытную (n=20).

Гнойная рана будет сформирована путем рассечения кожи крыс, затем в рану будет помещена марля, пропитанная штаммом *St. aureus*, после чего рана будет изолирована

сшиванием краев раны. На 4 сутки с момента проведения имплантации возникает гнойная рана.

Лечение смоделированных ран будет проводиться следующим образом: в группе нелеченого контроля раны заживляются самостоятельно, в группе сравнения обработка раны производится общепринятым раствором антисептика (мирамистин р-р д/местн. прим. 0.01%), в опытной группе будет использован нанораствор меди с концентрацией по меди 0,01%.

Список литературы

1. A. J. Shnoudeh. Synthesis, Characterization, and Applications of Metal Nanoparticles. [Текст] / A. J. Shnoudeh, I. Hamad, R. W. Abdo, L. Qadumii, A. Y. Jaber, H. S. Surchi and Sh. Z. // Biomaterials and Bionanotechnology. Advances in Pharmaceutical Product Development and Research, 2019, Pages 527-612.
2. G. Schmid, B. C. Gates, L. Gucci, H. Knozinger. Clusters and Colloids. // Weinheim: VCH, 1994; 3. B. C. Gates, L. Gucci, H. Knozinger Metal Clusters in Catalysis [Текст] // Amsterdam: Elsevier, 1986. – P 259.].
4. Сулайманкулова С.К., Маметова А.С., Гаффарова Х.И., Юлдашев И.М. /Способ получения нанорастворов. / Патент КР N 1502. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений Кыргызской Республики 31.10.2012 г.].
5. Сулайманкулова, С.К. Энергонасыщенные среды в плазме искрового разряда [Текст] / С.К. Сулайманкулова, У.А. Асанов. - Бишкек: 2002. - 264 с.
6. Конюшая Ю. П. Открытие № 176 от 24 июня 1976г. Открытия советских ученых [Текст] / Ю.П.Конюшая // Физико-технические науки /// Изд-во МГУ, 1988. -Часть 1. – С. 287 – 288.
7. Евдокимов, В. В. Некоторые закономерности фазовых превращений элементов при высоких давлениях [Текст] / В.В.Евдокимов // Успехи физических наук. – 1966. - Т. 88. - № 1. – С. 93 – 123.
8. Лазаренко, Б. Р. Состояние развития электроискровой обработки металлов за рубежом. [Текст] / Б.Р.Лазаренко //Электроискровая обработка металлов. - М.: Наука, 1957. - № 1. - С. 176 – 225.
9. Гаффарова, Х. И. Самоорганизация наночастиц лантана, углерода, кремния и металлов подгрупп меди и цинка в импульсной плазме в жидкости. [Текст] /Автореферат канд. дисс.... / Х.И. Гаффарова. – Бишкек: 2011.
10. О кластерной модели строения металлических расплавов. В. И. Большаков, Г. М. Воробьев, Л. С. Кривуша и др. [Текст] // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА.- 2008. – № 4–5. - С. 8 –12.
11. Толочко, Н. К. Кластерный механизм кристаллизации металлов [Текст] / Н. К. Толочко, А. А. Андрушевич // Литье и металлургия. – 2013 - 2 (70). – С.127-130.
12. Третьяков, Ю. Д. Процессы самоорганизации в химии материалов [Текст] / Ю.Д. Третьяков // Успехи химии. - 2003. - Т.72.
13. Бейсембаев, А. А. Возможность ангиостимулирующего эффекта препарата наномеди при воздействии на асептическую хирургическую рану [Текст] /А.А. Бейсембаев, В.Х. Габитов // Вестник фундаментальной и клинической медицины. - 2023. - №5. - С.118-127.
14. Габитов, В.Х. Микроциркуляторный кровоток асептических хирургических ран после применения наномеди [Текст] / В.Х. Габитов, С. К. Сулайманкулова, А. А. Бейсембаев, А.А. Халмурзин, А. И. Сивиринова, Ж. А. Тошпулотова //Научные исследования в Кыргызской республике. - 2024. - № 2. - С. 30-40.
15. Тошпулотова, Ж.А. Исследование возможности применения наномеди для ускорения регенераторного процесса в морфологии асептических обширных хирургических ран [Текст] / Ж.А. Тошпулотова, С.К. Сулайманкулова //The Way of Science. - 2024. - № 7 (125). - С.56-60.

16. Нуритдинов, Р.М. Стимуляция регенерации костной ткани челюстей с использованием наночастиц серебра [Текст] / Р.М. Нуритдинов, Н.Н. Заречнова, И.М. Юлдашев, С.К. Сулайманкулова // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева /// Оригинальные исследования. - 2012. - №1. - С.56-58.
17. Нуритдинов Р.М., Юлдашев И. М., Сулайманкулова С. К. Способ подготовки альвеолярного отростка челюсти к имплантации [Текст] / Patent RU №2432139 C1, cl. A61C 8/00, A61M 1/38, A61K 38/20, A61P 41/ 00 2011.
18. Рахметова, А. А. Ранозаживляющее действие мазей с различным содержанием наночастиц меди [Текст] /А.А. Рахметова, О.А. Богословская, А.Н. Ганжигаета // Вестник РУДН, серия Медицина. – 2011. - №4. - С. 139-142.
19. Вислобоков, А.В. Оценка влияния иммуностропных препаратов на микробиологическую обсемененность кожи при пиодермиях [Текст] А.В. Вислобоков, Е.Ф. Мельникова, Р.А. Хмельницкий // Клиническая дерматология и венерология. – 2017. - В.1 - С. 10-15.
20. Дерматовенерология. Национальное руководство [Текст] / Под ред. Ю.К. Скрипкина, Ю.С. Бутова, О.Л. Иванова. - М.: 2014. - С. 319–356.
21. Кожные и венерические болезни [Текст] / Под ред. О.Л. Иванова. - М.: 2006. С. 83–97.
- 22.Елькин, В.Д. Избранная дерматология. Редкие дерматозы и дерматологические синдромы [Текст] / В.Д. Елькин, Л.С. Митрюковский, Т.Г. Седова. – Пермь: 2004.
- 23.Самцов, А.В. Применение наружных средств, содержащих соединения серебра, в терапии больных пиодермиями [Текст] / А.В.Самцов, И.Н. Теличко, А.В. Стаценко, В.Р. Хайрутдинов // Вестник дерматологии и венерологии. - 2014. № 1.
- 24.Тамразова О.Б. Возможности преодоления антибиотикорезистентности в терапии пиодермий [Текст] / О.Б. Тамразова // Клиническая дерматология и венерология. -2014. - 12(6) - с. 64-73
25. Белоусова, Т.А. Современный взгляд на проблему антибиотикорезистентности и ее преодоление в терапии инфекционно-воспалительных заболеваний кожи [Текст] / Т.А. Белоусова, М.В.Каиль-Горячкина // CONSILIUM MEDICUM. Дерматология. - 2017.- №2. - С.19.
26. Алипов, В.В. Оценка сочетанного применения наночастиц меди и низкоинтенсивного лазерного облучения при хирургическом лечении инфицированных ожоговых ран кожи в эксперименте. [Текст] / В.В. Алипов, Е.А. Добрейкин, А.И. Урусова, П.А. Беляев // Вестник российской военно - медицинской академии. - 2014. - 3(47). – С.140-144.

УДК 631.17:51-7

DOI:10.56634/16948335.2025.3.899-905

**А.И. Сариев¹, У.Э. Карасартов¹, Ж. Темирбеков¹, Ж.Т. Исмаилова¹,
Н.Ы. Темирбаева²**

¹К.И.Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети

²И. Раззаков атындагы КМТУ Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина

²КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**A.I. Sariev¹, U.E. Karasartov¹, Zh. Temirbekov¹, Zh.T. Ismailova¹,
N.Y. Temirbaeva²**

¹ Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin,

² Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

kalybeki@mail.ru, cls.kau.ai@mail.ru, jeenbek-58@mail.ru, ismailova_jildiz@mail.ru,
kissia2009@mail.ru

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ АКАРИЦИДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

АЙЛАНА-ЧӨЙРӨДӨГҮ АКАРИЦИДДИК ЗАТТАРДЫН ТАБИГЫЙ ДЕТОКСИКАЦИЯСЫН ТЕОРИЯЛЫК-ЭКСПЕРИМЕНТТИК ИЗИЛДӨӨЛӨР

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF NATURAL DETOXIFICATION OF ACARICIDAL SUBSTANCES IN THE ENVIRONMENT

Биологиялык системадагы айлана-чөйрөнүн объекттериндеги акарициддик заттардын жүрүм-турумунун мыйзамченемдүүлүгү: “акарициддик зат экологиялык объектилер” I-даражадагы химиялык кинетика мыйзамы менен белгиленген, мында алынган эмпирикалык теңдеме жаратылыштын ар кандай объектилеринде чирүү мезгили менен мүнөздөлгөн акарициддик заттардын табигый зыянсыздануу ылдамдыгын аныктоого мүмкүндүк берет. Эксперименттик изилдөөлөр экологиялык объекттерди (топурак жана өсүмдүктөрдү) изилдеп, мында акарициддик заттардын концентрация деңгээлинин кыртыштын тереңдигине жана өсүмдүктөрдүн түзүлүшүнө көз карандылыгы аныкталган. Айлана-чөйрөнүн объекттеринде акарицидди табигый детоксикациялоо процессин мүнөздөгөн детоксикация убактысынын константасы белгиленген. Акарициддин табигый детоксикациясы узакка созулган жаратылыш объектилеринде жүрөт жана бул объекттерге акарицид калдыктарынын келип түшүүсүнүн жаңы мезгилин камтыйт. Акарициддин өсүмдүк структурасына өтүшү айыл чарба жаныбарларынын тоютун булгайт.

Түйүндүү сөздөр: акарициддик зат, детоксикация, топурак, өсүмдүктөр, химиялык кинетика мыйзамы, кой чарбасы, айлана-чөйрө, акарициддердин концентрациясы.

Закономерность поведения акарицидных веществ в объектах окружающей среды в биологической системе: «акарицидное вещество объекты окружающей среды» установлена законом химической кинетики Iго порядка, где полученное эмпирическое уравнение позволяет определить скорость естественной детоксикации акарицидных веществ характеризуемая периодами распада в различных объектах природы. Экспериментальными исследованиями изучены объекты окружающей среды (почва и растения), где установлена

зависимость уровня концентрации акарицидных веществ от глубины почвы и структуре растений. Установлена постоянная времени детоксикации, которая характеризует процесс естественной детоксикации акарицида в объектах окружающей среды. Происходит естественная детоксикация акарицида в объектах окружающей среды имеющей затяжной характер и охватывает новые периоды поступления остатков акарицидов на эти объекты. Транслокация акарицида в структуру растения загрязняет корм для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: акарицидное вещество, детоксикация, почва, растения, закон химической кинетики, овцеводства, окружающая среда, концентрация акарицида.

The pattern of behavior of acaricidal substances in environmental objects in the biological system: "acaricidal substance environmental objects" is established by the law of chemical kinetics of the 1st order, where the obtained empirical equation allows you to determine the rate of natural detoxification of acaricidal substances, characterized by periods of decay in various objects of nature. Experimental studies have studied environmental objects (soil and plants), where the dependence of the concentration level of acaricidal substances on soil depth and plant structure has been established. A detoxification time constant has been established, which characterizes the process of natural detoxification of the acaricide in environmental objects. Natural detoxification of the acaricide occurs in environmental objects of a protracted nature and covers new periods of receipt of acaricide residues on these objects. Translocation of the acaricide into the plant structure contaminates feed for farm animals.

Key words: acaricidal substance, detoxification, soil, plants, law of chemical kinetics, sheep farming, environment, acaricide concentration.

Введение. Введение овцеводства невозможно без широкого применения акарицидных веществ, которые обеспечивают защиту животных от заразных болезней. Особенно большой ущерб овцеводству приносят чесоточные клещи – возбудители саркоптоидозов (чесотки). Заразная болезнь, которая быстро передается от больной овцы к здоровым овцам при их контакте, нарушает нормальную жизнедеятельность почти всех органов, в результате чего животное теряет 15% шерсти, резко ухудшается качество волокна.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с саркоптоидозами овец является купания их в специальных ваннах, заполненных растворами акарицидных препаратов. Однако метод купания не отвечает экологическим требованиям. Поскольку акарицидные вещества обладая высокой стойкостью во внешней среде иммиграционными способностями во всех природных сферах и пищевой цепочке, способны создавать очаги загрязнения, негативно воздействуя на все стороны жизни биологических объектов и человека.

Материалы и методы исследования. Для описания закономерности поведения акарицидных веществ в объектах окружающей среды (воздух, вода, почва, растения) в системе: «акарицидное вещество – объекты окружающей среды» (рисунок 1) целесообразно применять методы вероятно – статического анализа [1].

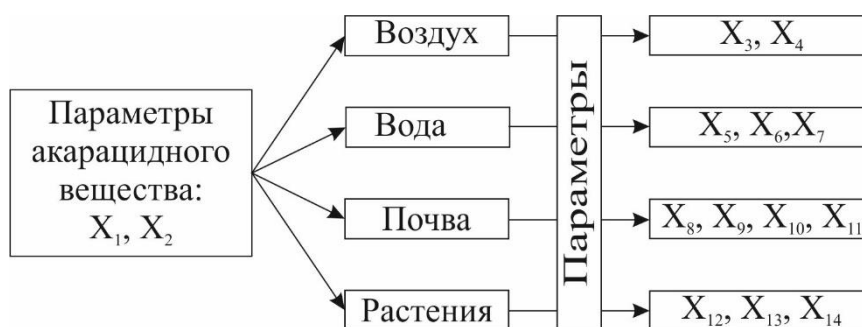


Рисунок 1 – Структура системы: акарицидное вещество – объекты окружающей среды

Вероятно – статический анализ позволит разработать математические модели поведения акарицидных веществ в объектах окружающей среды для конкретных условий.

Для исследования выбраны следующие фактор-показатели (таблица 1) с учетом их применимости для математического моделирования.

Таблица 1 – Наименование и характеристики фактор – показателей

Обозначение факторов	Наименование фактор - показателей	Что характеризуют
X ₁	Физико-химические свойства акарицидного вещества	Физико-химические свойства акарицида (неоцидол)
X ₂	Физико-механические свойства отработанной акарицидной жидкости	Загрязненность отработанной жидкости механическими примесями
X ₃	Температура окружающей среды	Температура воздуха во время сезона обработки животных
X ₄	Относительная влажность воздуха	Относительную влажность воздуха в сезон отработки животных
X ₅	pH воды	pH, температуру и загрязненность воды для приготовления акарицидного раствора
X ₆	Температура воды	
X ₇	Загрязненность воды механическими примесями	
X ₈	Влагоемкость почвы	
X ₉	Плотность почвы	Влагоемкость, плотность, pH и среднюю температуру почвы, куда сливаются остатки акарицидного раствора
X ₁₀	pH почвы	
X ₁₁	Средняя температура почвы	
X ₁₂	Вид растения	Вид растения около купочной ванны
X ₁₃	Количество воды в растениях	Количество воды и жиров в растениях около купочной ванны
X ₁₄	Количество жиров в растениях	

В общем виде математическую модель поведения акарицидных веществ можно выразить через результирующий показатель M_i [2]:

$$M_i = A_0 - \sum_{i=1}^n X_i \cdot A_i, \quad (1)$$

где, M_i – результирующий показатель – количество акарицидных веществ в объектах окружающей среды;

A_0 – первоначальная концентрация акарицидного вещества в отработанной акарицидной жидкости;

X_i – моделируемые фактор – показатели;

A_i – коэффициенты регрессии.

В наших исследованиях интерес представляет коэффициенты математической модели (1), минимизирующие величину M_i .

$$\sum \left[M_i - (A_0 - \sum_{i=1}^n X_i \cdot A_i) \right]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Переменным коэффициентом является A_i , поскольку, когда акарицидное вещество попадает в объекты окружающей среды происходит полная или частичная естественная детоксикация вещества по времени. Приравнявая к нулю частные производные, взятые, по переменным A_i получим систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} nA_0 - A_1 \sum_{i=1}^n X_{i1} - A_2 \sum_{i=1}^n X_{i2} - \dots - A_k \sum_{i=1}^n X_{ik} = \sum_{i=1}^n M_i \\ A_0 \sum_{i=1}^n X_{ik} - A_1 \sum_{i=1}^n X_{i1} \cdot X_{ik} - \dots - A_n \sum_{i=1}^n X_{ik}^2 = \sum_{i=1}^n M_i \cdot X_{ik} \end{cases} \quad (3)$$

Решение уравнения (3) будут давать значения коэффициентов регрессии (2), которые позволяют анализировать математическую модель (1). Коэффициенты регрессии показывают на какую величину в среднем изменяется результирующий показатель (M_i), если изменить на определенную единицу среднее значение фактор – показателя (X_i) при постоянстве оставшихся. Кроме коэффициента регрессии для анализа можно воспользоваться коэффициентом эластичности, который дает возможность определить сильнодействующие факторы – показатели.

В данной системе (рисунок 1) климатические факторы (X_3 и X_4), влияют на физико-химические и физико-механические свойства отработанной жидкости (X_1 и X_2), а также на биохимические свойства воды, почвы и растения (X_5 , X_6 , X_7 , X_8 , X_9 , X_{10} , X_{11} , X_{12} , X_{13} , X_{14}).

В исследовании подобных систем широко используются закон химической кинетики, который рассматривают реакции 1го, 2го, и более высоких порядков [3].

Кинетика распада остатков акарицидных веществ в основных объектах окружающей среды (почва, растения, вода) подчиняется уравнениям химической реакции, в частности химической реакции 1го порядка, который имеет интегрированный вид:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-Kt} \quad (4)$$

где, A_t – количество акарицидных веществ в объекте окружающей среды, мг/кг;

A_0 – остаточная концентрация акарицидного вещества в обработанной жидкости, мг/кг;

K – константа скорости химической реакции (детоксикации) акарицидных веществ;

t – время, дни.

Уравнения (4) показывает, что скорость естественной детоксикации акарицидных веществ, которые попадали в объекты окружающей среды характеризуется константой K и зависит от массы остаточной концентрации A_0 . С помощью существующих методов химического анализа с достаточной точностью можно определить массу остаточной концентрации акарицида в отработанной жидкости и A_0 .

Тогда, после математических преобразований из уравнения (4) можно определить константу K :

$$K = \frac{2,303}{t} \lg \frac{A_0}{A_t} \quad (5)$$

Подставляя значение K в уравнение (4), имеем:

$$A_t = A_0 \cdot \exp \left(- \frac{2,303}{t} \lg \frac{A_0}{A_t} \right) t \quad (6)$$

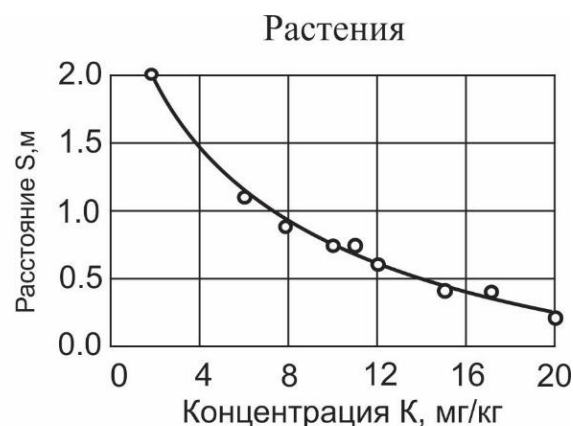
Данное уравнение позволяет определить общепринятые для химических веществ показатели убывания первичной массы акарицида A_0 в процентах (50, 95 и 99%) и соответственно периоды распада: $T_{0,5}$, $T_{0,95}$ и $T_{0,99}$. Если в полученных результатах K имеет отрицательное значение, то это свидетельство того, что происходит естественная детоксикация остатков акарицидного вещества в изучаемых объектах окружающей среды.

Результаты:

По экспериментальным данным, где изучены объекты почва и растение (рисунок 2) проверено возможность применения уравнения (6) с целью определения периодов распада ($T_{0,5}$, $T_{0,95}$ и $T_{0,99}$).



$$a) K=0,381-0,015b+1,54 \cdot 10b^2$$



$$б) K=24,033-22,541S+5,745 S^3$$

Рисунок 2 - Зависимость уровня концентрации акарицидных веществ от глубины почв (а) и в структуре растений (б) около купочной ванны

Обозначив в уравнении (6) составляющий в скобках через x и путем логарифмирования данного уравнения, для аппроксимации экспериментальных кривых (рисунок 2 а, б) имеем:

$$l_n A(t) = l_n A_0 - xt = l_n A_0 - kt \quad (7)$$

Зависимость (7) представляет собой уравнение регрессии для двух переменных:

$$y = a - b \cdot x, \quad (8)$$

где $y = l_n A(t)$, $a = l_n A_0$, $b = -k$, $x = t$

В уравнении (8) коэффициенты a и b определяется по общепринятому методу наименьших квадратов [4]

$$a = \frac{\sum_{i=0}^n y - b \sum_{i=0}^n x}{n}; \quad b = \frac{\sum_{i=0}^n x \cdot \sum_{i=0}^n y - n \sum_{i=0}^n x \cdot y}{n \sum_{i=0}^n x^2 - \left(\sum_{i=0}^n x \right)^2}$$

Таблица 2 – Значения переменных для определения коэффициентов a и b по экспериментальным данным (рисунок 2а)

Глубина x_i , см	Концентрация препарата c_i , мг/кг	$l_n c_i = y_i$	x_i^2	$x_i \cdot y_i$	с (расчет)	Отклонение, $\delta \frac{\text{мг/кг}}{\%}$
0	0,40	-0,693	0	0	0,423	0,023/5,75
10	0,23	-0,5544	100	-5,544		
20	0,15	-0,3188	400	-6,376		
30	0,07	-0,2079	900	-6,237		
40	0,01	-0,09703	1600	-3,8812		
$\Sigma 10$		-1,8711	3000	-22,0382		

$$B = \frac{10 \cdot (-1,8711) - 5(-22,0382)}{(5 \cdot 3000) - 10^2} = \frac{91,479}{14900} = 0,00614;$$

$$B = -k = -0,00614; \quad \tau = -\frac{1}{k} = \frac{1}{0,00614} = 162,86;$$

$$a = \frac{(-1,8711 + 0,00614) \cdot 10}{5} = \frac{-18,649}{5} = -3,729$$

Таблице 3 – Значения переменных для определения коэффициентов a и b по экспериментальным данным (рисунок 2 б)

Глубина x_i , см	Концентрация препарата c_i , мг/кг	$l_n c_i = y_i$	X_i^2	$x_i \cdot y_i$	с расчет	Отклонение, $\delta \frac{\text{мг/кг}}{\%}$
0	20	-2,996	0	0	19,16	0,84/4,2
0,5	12,0	-2,485	0,25	-1,242		
1,0	7,2	-1,974	1,00	-1,974		
1,5	4,0	-1,386	2,25	-2,079		
2,0	1,8	-0,588	4,00	-1,176		
$\Sigma 10$		-90429	7,5	-6,471		

$$B = \frac{10 - (-9,429) - 5|-6,471|}{(5 \cdot 7,5) - 10^2} = \frac{-61,935}{-63}; B = -k = -0,983; \tau = \frac{1}{0,983} = 1,01;$$

$$a = \frac{(-9,429 + 0,983) \cdot 10}{5} = -16,892.$$

Обсуждение.

Полученные результаты, где постоянная времени детоксикации акарицида ($\tau = -\frac{1}{k}$), $\tau=163$ для почвы, свидетельствуют о том, что за это время концентрация акарицида уменьшится вдвое, то есть от 0,4 мг/кг на 0,2 мг/кг. Соответственно для уменьшения концентрация от 0,2 мг/кг до 0,1 мг/кг потребуется еще $\tau=163$, от 0,1 до 0,05 еще $\tau=163$. Отсюда можно делать вывод о том, что процесс естественной детоксикации акарицидного вещества в почве имеет затяжной характер и может охватывать новые периоды поступления остатков акарицидов в данный объект.

Анализ постоянной времени $\tau=1,01$ для растения свидетельствует об обратной картине, а именно, о высокой степени транслокации акарицида в растения. Это объясняется биологическими и физиологическими процессами, непрерывно протекающими в структуры растений. В результате загрязняется корм для сельскохозяйственных животных, а в последствии остатки акарицида попадают в организм человека с продуктами питания животного и растительного происхождения.

Регрессионные статистики: $K = 0,381 - 0,015 \cdot b + 1,54 \cdot 10^{-4} \cdot b^2$;

$$K = 24,033 - 22,541 \cdot S + 5,745 \cdot S^2$$

показывают, что уровень концентрации акарицида хорошо описывается в зоне эксперимента квадратными зависимостями. Значения коэффициента детерминации $R^2 = 0,967$ (почва), $R^2 = 0,983$ (растения), указывают достоверную аппроксимацию полученных зависимостей с экспериментальными данными.

Таким образом теоретическими и экспериментальными исследованиями путем аппроксимации полученных данных показана, что происходит естественная детоксикация акарицидных веществ в объектах окружающей среды. Однако такая детоксикация имеет затяжной характер и охватывает новые периоды поступления остатков акарицидов на эти объекты. Процесс транслокации акарицидных веществ в растения загрязняет пищевую цепочку от продуктивных животных до человека.

Поэтому актуальным является проведение научно-исследовательских работ по изысканию способов обеззараживания отработанных акарицидных растворов после противочесоточных обработок овец. Одним из путей предотвращения поступления отработанных акарицидных растворов в объекты окружающей среды является полное использование растворов без остатков.

Выводы.

Исследование взаимосвязей факторов в системе «акарицидное вещество-объекты окружающей среды» с помощью закономерностей химической кинетики позволило определить постоянное времени детоксикации акарицидного вещества (τ) в почве и растениях, с последующим определением показателей убывания первоначального содержания акарицидных веществ. Такая методика позволяет проследивать процесс детоксикации акарицидных веществ в объектах окружающей среды без проведения дорогостоящих экспериментов. Для этого достаточно иметь данные о первоначальной концентрации акарицида в исследуемой среде.

Постоянная времени детоксикации равная $\tau=163$ (для почвы) показывает, что за это время концентрация акарицида в почве уменьшается вдвое: от 0,4 мг/кг до 0,2 мг/кг. Соответственно для уменьшения концентрации от 0,2 мг/кг до 0,1 мг/кг потребуется еще $\tau=163$ и т.д. То есть процесс естественной концентрации имеет затяжной характер, охватывает новые периоды поступления акарицида на данный объект.

Постоянная времени детоксикации равная $\tau=1,01$ (для растения) показывает высокую степень транслокации акарицида в структуру растения, загрязняя корм для сельскохозяйственных животных. В результате загрязняется пищевая цепочка от продуктивных животных до человека.

Список литературы

1. Иофинов, С.А. Комплексная оценка результатов испытания машин [Текст] / С.А.Иофинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: №7, 1974. – С.131-135.
2. Тихомиров, В.Б. Планирования и анализ экспериментов [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. -162 с.
3. Спыну, Е.И. Математическое прогнозирование и профилактика загрязнения окружающей среды пестицидами [Текст] / Е.И. Спыну, А.Н. Иванова. – М.: Колес, 1987. – 230 с.
4. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
5. Омонов, Ы.Дж. Экологическая безопасная технология обработки овец против псороптоза [Текст] / Ы.Дж. Осмонов. - Б: КАУ, 2002. – 146 с.
6. Шктяева, Е.С. Динамика остатков хлорорганических и фосфорорганических инсектицидов и поверхностно активных веществ в кормовых культурах и почве [Текст] / Е.С. Шктяева. - Автореф.дис.канд. – 1975. – 28с.

У.Т.Сасыкеев, Э.Д.Аширалиева, К.Н. Жумадилова
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

U.T. Sasykeev, E.D. Ashiralieva, K.N. Zhumadilova
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
u.sasykeev@kstu.kg, asiralievaelmira0@gmail.com, jumadilovakanaiym@gmail.com

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТРЕБОВАНИЙ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДОВ

ШААРЛАРДЫ САНИТАРДЫК-ЭКОЛОГИЯЛЫК КАМСЫЗДАНДЫРУУ ТАЛАПТАРЫНЫН ИЛИМИЙ НЕГИЗДЕРИ

SCIENTIFIC BASIS OF REQUIREMENTS FOR SANITARY AND ECOLOGICAL SUPPORT OF CITIES

Макала шаарлардын туруктуу иштешин камсыз кылуу үчүн зарыл болгон санитардык-экологиялык көйгөйлөрдүн жана талаптардын илимий негиздерин талдоого арналган. Салыштыруу жана андан ары колдонуу үчүн чет өлкөлүк аналогдордун анализдеринин жыйынтыгы келтирилет. Илимий ыкма шаарлардын экологиялык абалына таасир этүүчү негизги факторлорду аныктап, аларды жакшыртуу боюнча натыйжалуу чараларды сунуштайт. Шаардык экосистеманын негизги компоненттери катары атмосфералык абанын сапаты, саркынды сууларды чыгаруу системасы, таштандыларды жана жашыл өсүмдүктөрдү утилдештирүү маселелерине өзгөчө көңүл бурулат. Айлана-чөйрөнүн санитардык абалына мониторинг жүргүзүүнүн заманбап ыкмалары каралууда жана шаар курууну пландоодо экологиялык стандарттарды интеграциялоонун механизмдери сунушталды. Алынган тыянактар экологиялык тобокелдиктерди азайтууга жана калктын жашоо сапатын жакшыртууга багытталган шаарларды туруктуу өнүктүрүүнүн комплекстүү программаларын иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: экология, шаардын иштеши, айлана-чөйрөнү коргоо, шаардык айлана-чөйрө, мамлекеттик экологиялык саясат, шаардык чөйрөнүн сапаты, катуу тиричилик таштандыларын кайра иштетүү.

Статья посвящена анализу научных основ санитарно-экологических проблем и требований, необходимых для обеспечения стабильного функционирования городов. Приводятся результаты анализов зарубежных аналогов для сравнения и дальнейшего применения. Научный подход позволяет выявить основные факторы, влияющие на экологическую обстановку в городах, и предложить эффективные меры по их улучшению. Особое внимание уделяется вопросам качества атмосферного воздуха, системы водоотведения, утилизации отходов и зелёных насаждений как ключевым компонентам городской экосистемы. Рассматриваются современные методы мониторинга санитарного состояния среды и предложены механизмы интеграции экологических стандартов в градостроительное планирование. Полученные выводы могут быть использованы при разработке комплексных программ устойчивого развития городов, направленных на снижение экологических рисков и улучшение качества жизни населения.

Ключевые слова: экология, функционирование города, охрана окружающей среды, городская среда, государственная экологическая политика, качество городской среды, переработка твердых бытовых отходов.

The article is devoted to the analysis of the scientific foundations of sanitary and environmental problems and the requirements necessary to ensure the stable functioning of cities. The results of analyses of foreign analogues are presented for comparison and further application. The scientific approach allows us to identify the main factors affecting the environmental situation in cities and propose effective measures to improve them. Special attention is paid to the issues of atmospheric air quality, sanitation systems, waste disposal and green spaces as key components of the urban ecosystem. Modern methods of monitoring the sanitary state of the environment are considered and mechanisms for integrating environmental standards into urban planning are proposed. The findings can be used in the development of comprehensive programs for sustainable urban development aimed at reducing environmental risks and improving the quality of life of the population.

Key words: ecology, city functioning, environmental protection, urban environment, state environmental policy, urban environment quality, solid waste recycling.

Изучение зарубежного опыта в области санитарных и экологических требований показывает, что многие страны добились значительных успехов в улучшении экологии городов за счет строгого соблюдения стандартов и внедрения современных технологий через научные исследования, государственные программы, финансовая поддержка, промышленные инновации, международное сотрудничество, образование и информирование населения. Например, Германия является одной из передовых стран в области санитарно-экологических стандартов. Известные эксперты, такие как Ханс-Йоахим Шелльнхубер и Оттмар Эденхоффер, подчеркивают важность интеграции строгих экологических требований в городское планирование, промышленность и энергетическую политику. В своих исследованиях Шелльнхубер акцентирует внимание на необходимости системного подхода к снижению климатических рисков, а Эденхоффер рассматривает экономические стимулы как эффективные инструменты для сокращения выбросов загрязняющих веществ и развития устойчивых технологий. Немецкое законодательство в сфере охраны окружающей среды включает в себя строгие нормы по качеству воздуха, воды, переработке отходов и использованию земельных ресурсов. Контроль за качеством воздуха осуществляется с помощью автоматизированных станций мониторинга, которые в режиме реального времени передают данные о концентрации загрязняющих веществ, таких как NO₂, PM₁₀ и PM_{2.5}. Контроль качества воды проводят специализированные лаборатории и государственные учреждения, в частности Федеральное агентство по охране окружающей среды (Umweltbundesamt, UBA), обеспечивая регулярный анализ химического и микробиологического состава воды. Города, такие как Берлин и Мюнхен, применяют инновационные технологии — системы интеллектуального мониторинга, фильтрационные установки на автомагистралях, зелёные крыши и системы сбора дождевой воды. Широко используются также возобновляемые источники энергии и стандарты энергоэффективного строительства [1].

Швеция демонстрирует одну из самых эффективных систем обращения с твёрдыми бытовыми отходами в мире. По официальным данным, лишь 1% отходов в стране отправляется на полигоны, тогда как остальной объём распределяется поровну между переработкой и сжиганием для получения энергии. Благодаря развитию мусоросжигательных заводов (в стране их насчитывается 32), отходы становятся источником тепла и электроэнергии. Хорошо организованная система сортировки позволяет населению разделять мусор на категории: стекло, пластик, металл, бумага, пищевые отходы и опасные вещества, что значительно снижает нагрузку на окружающую среду. Важным элементом этой модели является участие населения, чему способствуют образовательные и информационные инициативы. С раннего возраста детей учат сортировать отходы, а взрослым предоставляется вся необходимая инфраструктура для этого. У каждого дома установлены контейнеры для разных видов мусора, а частные домовладельцы получают экономические льготы за соблюдение норм сортировки и компостирования (Рисунок 1). Всё

это формирует устойчивое поведение по отношению к отходам на уровне домохозяйств. Особое внимание в Швеции уделяется безопасной утилизации опасных и специфических отходов. В каждом населённом пункте работают экологические станции, принимающие химикаты, батарейки, аэрозольные баллончики и фотохимикаты. Аптеки принимают просроченные лекарства и выдают контейнеры для сбора использованных медицинских инструментов. Стекло сортируется по цвету, пищевые отходы собираются в биоразлагаемые мешки, а алюминиевые банки возвращаются в магазины за залог. Такая система минимизирует вредное воздействие отходов на здоровье людей и экосистему. Интересно, что Швеция не ограничивается переработкой собственного мусора — она импортирует около 800 тысяч тонн отходов ежегодно из других стран, таких как Великобритания. Современные мусороперерабатывающие заводы в Швеции работают с минимальными выбросами — менее 1% от допустимых норм, что делает сжигание относительно безопасным способом утилизации. Таким образом, страна превратила обращение с отходами не только в эффективную санитарно-экологическую систему, но и в прибыльный энергетический бизнес [2].



Рисунок 1 - Контейнеры для раздельного сбора мусора в Швеции

В XXI веке Республика Корея активно реализует экологическую политику, стремясь интегрировать устойчивое развитие во все сферы государственной стратегии. Особое внимание уделяется вопросам качества воздуха, состояния водных ресурсов, управления отходами и экологического воспитания населения. С 2010 года Министерство окружающей среды Республики Корея последовательно реализует политику, направленную на улучшение экологических условий и формирование «зелёного сознания» общества. Среди приоритетных задач министерства — охрана биоразнообразия, обеспечение экологической безопасности и развитие международного сотрудничества. Южная Корея также стремится к балансу между экономическим ростом и охраной окружающей среды через концепцию «экологически безопасного роста». Важным направлением политики стало внедрение инновационных технологий и цифровых решений для мониторинга и регулирования воздействия на природу. Эти меры позволили укрепить внутреннюю экологическую стабильность и повысить международный престиж страны. Переход к «зелёной экономике» в Республике Корея был начат при президенте Ли Мен Баке в 2008 году. Он инициировал разработку Национальной стратегии зеленого роста и создание специализированных институтов, таких как Президентский комитет по зеленому росту и Глобальный институт зелёного роста. В последующие годы каждый президент дополнял экологическую повестку: Пак Кын Хе сосредоточилась на энергетической безопасности, а Мун Чжэ Ин поставил амбициозную цель — достижение углеродной нейтральности к 2050 году. В 2019 году был принят третий генеральный план энергетики, направленный на увеличение доли

возобновляемых источников энергии. Также утверждён план цифровой трансформации экономики с акцентом на развитие экологически безопасных технологий. Государство активно поощряет бизнес, переходящий на устойчивые формы производства и зелёные стандарты. Благодаря этому Южная Корея стала одной из немногих стран, сочетающих высокие темпы промышленного роста с устойчивым экологическим управлением. Помимо внутренних реформ, Республика Корея играет активную роль на международной экологической арене. В 2019 году опрос, проведённый Корейским институтом окружающей среды, показал, что жители страны считают основными проблемами загрязнение воздуха, изменение климата, бытовую химию, загрязнение воды и микропластик. На фоне этого правительство стимулирует гражданскую активность, ужесточает экологическое законодательство и увеличивает инвестиции в зелёные технологии. Южная Корея также расширяет экологическое присутствие в Арктике, финансируя научные исследования и строительство ледоколов нового поколения. Таким образом, экологическая политика Республики Корея способствует снижению зависимости от традиционных энергоисточников, технологическому прорыву и укреплению международной репутации страны как одного из лидеров в области устойчивого развития. Это особенно важно для развивающихся стран, которым Корея передаёт свои технологии и опыт. Все эти шаги демонстрируют комплексный подход к решению экологических проблем на национальном и глобальном уровнях [5].

Качество водных ресурсов проверяется государственными лабораториями, такими как Korea Environment Corporation, и местными санитарно-эпидемиологическими службами, посредством регулярных химико-микробиологических анализов. Применяемые технологии включают автоматизированные сортировочные линии для отдельного сбора отходов (с экономическими стимулами типа «Pay-As-You-Throw»), современные очистные сооружения и системы рециркуляции воды [6].

Сингапур является примером успешного экологического управления в условиях ограниченных территориальных ресурсов, где высокие санитарно-экологические стандарты интегрированы в планирование городской среды. Эксперты, в мемуарах Ли Куан Ю «The Singapore Story» подчёркивается важность санитарно-экологических преобразований в городе в первые годы независимости. Он пишет о массовой программе урбанистического обновления, которая включала снос старых построек и переселение жителей в новые дома. При этом учитывались предложения международных экспертов ООН, что свидетельствует о внедрении современных подходов к градостроительству и экологии. Одним из ключевых решений стало создание Жилищного и строительного совета (Housing and Development Board, HDB) в феврале 1960 года. Это позволило быстро и масштабно решать проблемы трущоб, гигиены и перенаселения. Например, после пожара в районе Букит Хо Суи власти за 18 месяцев построили жильё для 30 000 пострадавших, включая современные санитарные узлы и кухни, что свидетельствовало о прогрессивном подходе к городскому обустройству. Ли Куан Ю также описывает усилия по озеленению и санитарной очистке города. Он упоминает кампании по очистке улиц, пляжей и заброшенных земель, подчёркивая необходимость активного участия населения. Это отражает стратегию вовлечения граждан в процессы оздоровления городской среды, что стало основой устойчивого развития города-государства. Особое внимание в мемуарах уделяется принципу «бить железо, пока горячо»: сразу после выборов правительство провело серию ярких и эффективных инициатив, включая создание современной санитарной инфраструктуры, переработку градостроительных планов и внедрение экологически устойчивых решений. Все это сделало Сингапур примером для развивающихся стран по созданию чистого, зелёного и функционального города [3].

Качество питьевой и хозяйственной воды контролируется совместно Органами управления водоснабжением, такими как Public Utilities Board (PUB), с использованием программы NEWater, предусматривающей многоступенчатую очистку сточных вод, а также регулярных лабораторных анализов. Технологии, применяемые в Сингапуре, включают вертикальные сады, зелёные крыши, современные очистные установки с комплексной (биологической, химической и физической) обработкой воды, а также цифровые платформы для анализа экологических данных.

Япония активно использует современные технологии и инновационные подходы для решения экологических проблем. Основой её экологической политики стала концепция циркулирующей и экологической экономики, которая направлена на сокращение отходов, повторное использование ресурсов и развитие низкоуглеродной энергетики. Эта модель предполагает использование возобновляемых источников энергии, переработку материалов и гармоничное сосуществование природы и общества. Как отмечается в исследовании, экологические, экономические и социальные вопросы в Японии рассматриваются как взаимосвязанные и требуют комплексного подхода. Большое значение в этой политике придаётся взаимодействию всех участников — государства, бизнеса и общества. Была создана система, при которой предприятия несут ответственность за весь жизненный цикл своей продукции, а государство оказывает поддержку через субсидии, льготное кредитование и налоговые стимулы. Например, Японский банк развития предоставляет экологические кредиты и финансирует проекты по энергоэффективности и защите окружающей среды, а также оценивает экологические риски своих клиентов. Финансирование экологических инициатив осуществляется через так называемую систему многоканального финансирования. В неё входят не только государственные расходы, но и инвестиции от государственных корпораций, частных компаний и специализированных фондов. Одним из таких фондов стал Японский зелёный фонд, созданный для поддержки проектов в области чистой энергетики. Кроме того, в стране активно развивается рынок зелёных облигаций — за счёт этих финансовых инструментов привлекаются средства для экологически важных проектов, таких как строительство «зелёных» зданий, развитие транспорта и энергетики. Отдельное внимание в Японии уделяется принципам ответственного инвестирования (ESG), которые учитывают экологическое и социальное воздействие компаний. С 2016 по 2019 год объём ESG-инвестиций в Японии вырос почти в шесть раз, что говорит о растущем интересе к устойчивому развитию. Таким образом, Япония стремится не только решать внутренние экологические задачи, но и формировать пример для других стран в области зелёного финансирования и устойчивой экономики [6].

Несмотря на обилие водных ресурсов, качество воды в Кыргызстане остаётся проблемой. Загрязнение рек и озёр промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными отходами представляет серьёзную угрозу экосистемам и здоровью населения. Недостаточная система очистки сточных вод усугубляет ситуацию, особенно в сельской местности, где доступ к чистой питьевой воде ограничен. Многие страны успешно решают проблемы с водой, используя инновационные технологии. В Сингапуре программа “NEWater” перерабатывает сточные воды в питьевую, покрывая 40% потребностей. Швейцария сохраняет чистоту горных источников благодаря строгим экологическим правилам, а Швеция применяет природные фильтры, такие как водно-болотные угодья. Израиль активно перерабатывает сточные воды и опресняет морскую воду на крупнейшем заводе “Sorek”, обеспечивая 20% питьевого водоснабжения. Эти подходы доказывают, что рациональное управление водой возможно даже при ограниченных ресурсах, и могут быть применены в Кыргызстане.

В Бишкеке и окрестностях наблюдаются загрязнения поверхностных вод сточными и промышленными водами, особенно в районах с устаревшей канализацией. Контроль за качеством воды проводят санитарно-эпидемиологические службы, однако частота проверок и охват территорий оставляют желать лучшего, особенно в пригородах.

Изучения опытов конкретных, наиболее развитых зарубежных стран, исходя из сравнительного анализа г. Бишкек позволяет выявить наиболее критичные проблемы санитарно- экологической обстановки в столице и пригородной части.

Бишкек, как крупнейший город Кыргызстана, сталкивается с рядом санитарно-экологических проблем, которые требуют комплексного решения. Одной из ключевых является загрязнение воздуха, особенно в зимний период, когда основными источниками загрязнения становятся угольное отопление в частном секторе и автотранспорт (Рисунок 2). В Бишкеке контроль за качеством воздуха осуществляют Государственное агентство охраны окружающей среды и лесного хозяйства, Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, а также независимые платформы вроде IQAir, однако система

мониторинга недостаточно развита: автоматизированные станции охватывают ограниченные зоны, особенно в периферийных районах, а передача данных нестабильна.

Современные города сталкиваются с серьезными проблемами в области экологии и санитарного состояния, и их решение требует комплексного подхода. Основы санитарно-экологических требований представляют собой совокупность норм и правил, обеспечивающих гармоничное взаимодействие городской среды и природы. Эти нормы направлены на сохранение здоровья населения, поддержание экологического равновесия и минимизацию вредного воздействия антропогенных факторов на окружающую среду. В данной работе рассматривается опыт зарубежных стран и применение их в условиях нашей страны.

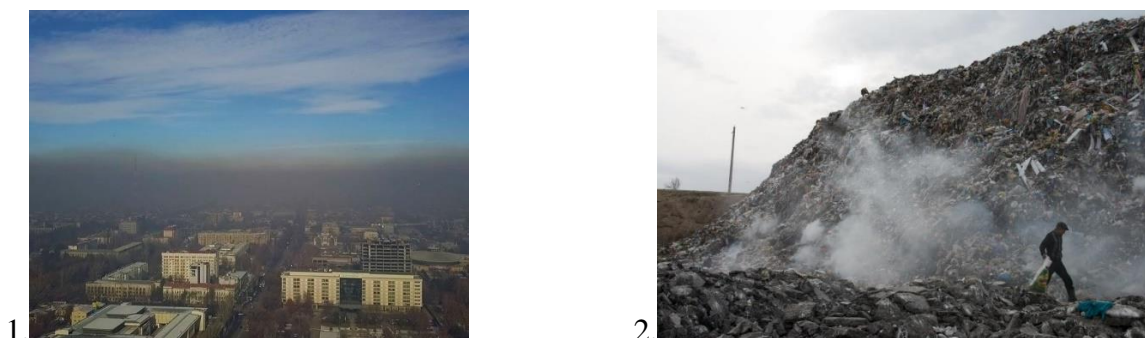


Рисунок 2 - Экологические проблемы в Бишкеке 1. Смог . 2. Мусорная свалка

Проблема с утилизацией и переработкой отходов также стоит остро. В Бишкеке отсутствует система раздельного сбора мусора, а отходы скапливаются на переполненных полигонах. Контроль осуществляют городские коммунальные службы и санитарные управления, однако эффективность низкая, а уровень переработки близок к нулю. Изучение опыта наиболее развитых благополучных экологических и санитарном отношении стран показывают практической возможности обеспечения городов в соответствии их государственных требований и стандартов экологических и санитарных условий.

Имеются необходимости проведения постоянного мониторинга, с учетом четырех сезонов года, и выработана выстроенной системы управления процессом санитарной очистки территорий и в целом экологической обстановки в ареалах городов и крупных населенных пунктов Кыргызстана.

Список литературы

1. Schellnhuber, H. J., Edenhofer, O., & Rockström, J. A roadmap for rapid decarbonization. *Science*. - 2017. - 355(6331), 1269–1271. DOI: 10.1126/science.aah3443.
2. Чернышов, В. И. с твёрдыми бытовыми отходами в Швеции [Текст] / В. И. Чернышов, Рей Санчес Диана Ванесса // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. – 2020. – Т. 1. – № 1200. – С. 200-201.
3. Ли, Куан Ю. *The Singapore Story: Memoirs of Lee Kuan Yew*. — Singapore: Times Editions, 1998. — 680 с. — С. 117–130.
4. Сенякина, Н. В. Экологическая политика Республики Корея в XXI веке [Текст] / Н. В. Сенякина, А. А. Суслов // *Корееведение в России: направление и развитие*. - 2023. - Т. 4. - № 1. - С. 155–159.
5. Ministry of Environment, Republic of Korea. *Korea Environmental Policy Bulletin. Water Quality Monitoring Using IT*. Vol. 10, Issue 1. – Seoul: Korea Environmental Institute, 2012. – 12 с. – С. 1–10.
6. Тимонина, И. Л. Япония на пути к устойчивому развитию: «зеленое финансирование» [Текст] / И. Л. Тимонина // *Ежегодник Япония*. – 2021. – Т. 50. – С. 61–88. – DOI: 10.24412/2687-1440-2021-50-61–88.

А.С. Супуева, М.Б. Имашов, К.А. Симбаева
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Supueva, M.B. Imashov, K.A. Simbaeva
KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
Imashov MB@mail.ru , Ksimbaeva@kstu.kg

ПРОБЛЕМЫ ГАЗИФИКАЦИИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

ЖАРАТЫЛЫШ ГАЗЫН ПАЙДАЛАНУУ КҮЧӨГӨН ЧАКТА КООМДУК ЖАНА ТУРАК ЖАЙ ИМАРАТТАРЫНЫН ГАЗГА ТУТАШТЫРУУНУН МАСЕЛЕСИ

PROBLEMS OF GASIFICATION OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS IN THE CONTEXT OF INCREASING NATURAL GAS CONSUMPTION

Газ менен жабдуу системасынын туруктуу иштешине жетишүү үчүн жаратылыш газын керектөөнү күчөтүү шартында газдаштыруу маселелерин чечүүгө комплекстүү мамиле кылуу зарыл. Жогоруда айтылгандарга байланыштуу газды керектөө көбөйгөн калктуу пункттарда газ бөлүштүрүүчү системаларды тийиштүү техникалык жаңылоону жүргүзүү зарыл. Кабинеттик газ басымын жөнгө салуучу блоктордогу жаратылыш газынын басымын жөнгө салгычтарды реконструкциялоонун жана алмаштыруунун эсебинен жаратылыш газын керектөөнү көбөйтүү шартында калктуу пункттарды газ менен жабдуунун иштеп жаткан системаларынын өндүрүмдүүлүгүн жогорулатуунун мүмкүнчүлүктөрү аныкталды.

Түйүндүү сөздөр: жаратылыш газы, шкафтын газын башкаруу блогу, басымды жөнгө салгыч, газ менен жабдуу системалары.

Для достижения устойчивого функционирования системы газоснабжения необходим комплексный подход к решению проблем газификации в условиях повышения потребления природного газа. В связи с вышесказанным необходимо вносить соответствующую техническую модернизацию газораспределительных систем населённых пунктов, где увеличивается потребление газа. Определены возможности повышения производительности существующих систем газоснабжения населённых мест в условиях увеличения потребления природного газа за счет реконструкции и замены регуляторов давления природного газа в шкафных газорегуляторных пунктах.

Ключевые слова: природный газ, шкафной газорегуляторный пункт, регулятор давления, системы газоснабжения.

To achieve sustainable operation of the gas supply system, a comprehensive approach to solving gasification problems in the context of increasing natural gas consumption is required. In connection with the above, it is necessary to make appropriate technical modernization of gas distribution systems in populated areas where gas consumption increases.

The possibilities of increasing the productivity of existing gas supply systems in populated areas in the context of increasing natural gas consumption by reconstructing and replacing natural gas pressure regulators in cabinet gas pressure control units have been identified.

Key words: *natural gas, cabinet gas control unit, pressure regulator, gas supply systems.*

В последние десятилетия в населенных пунктах Кыргызской Республики остро встает проблема газификации общественных и жилых зданий. Эта проблема связана с ростом населения и расширением существующих населенных мест, следовательно, повышается потребление природного газа на коммунально-бытовые и промышленные нужды, что оказывает нагрузку на существующую газотранспортную и газораспределительную систему. В связи с этим необходимо вносить соответствующую техническую модернизацию газораспределительных систем населённых пунктов, где увеличивается потребление газа. Эффективность систем газоснабжения напрямую зависит не только от технических характеристик, но и от структуры потребления, географических условий, плотности застройки и других внешних факторов. Поэтому для достижения устойчивого функционирования системы газоснабжения необходим комплексный подход к решению проблем газификации в условиях повышения потребления природного газа [1].

В связи с вышесказанным необходимо вносить соответствующую техническую модернизацию газораспределительных систем населённых пунктов, где увеличивается потребление газа.

Встает задача определить возможности повышения производительности существующих систем газоснабжения населенных мест в условиях увеличения потребления природного газа за счет реконструкции и замены регуляторов давления природного газа в шкафных газорегуляторных пунктах.

Пропускная способность регуляторов давления газа (РДГ), используемых в составе шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП), является важнейшей характеристикой, определяющей эффективность и надёжность работы системы газоснабжения [2].

Регуляторы давления, являются важными элементами шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП), которые обеспечивают автоматическое поддержание заданного выходного давления при переменных нагрузках и неравномерности потребления природного газа потребителями.

Регуляторы давления типа РДГ предназначены для автоматического поддержания заданных параметров выходного давления в условиях изменяющегося входного давления и расхода газа. Такие устройства находят широкое применение в системах распределения природного газа, в частности — в ШГРП, обеспечивающих подачу газа потребителям различных категорий [3].

Пропускная способность регулятора давления определяется в первую очередь его конструкцией, а также физическими параметрами газа (плотность, температура, давление). При этом существенное влияние оказывает диаметр условного прохода (ДУ), поскольку величина расхода газа через регулятор зависит от площади проходного сечения, которая, в свою очередь, пропорциональна квадрату диаметра.

На практике это означает, что при увеличении диаметра условного прохода в 2 раза (например, с 50 мм до 100 мм), пропускная способность возрастает приблизительно в 4 раза. Данная закономерность прослеживается при сравнении характеристик регуляторов давления различных типоразмеров, таких как РДГ-50, РДГ-100 и РДГ-200 (см. рис. 1).

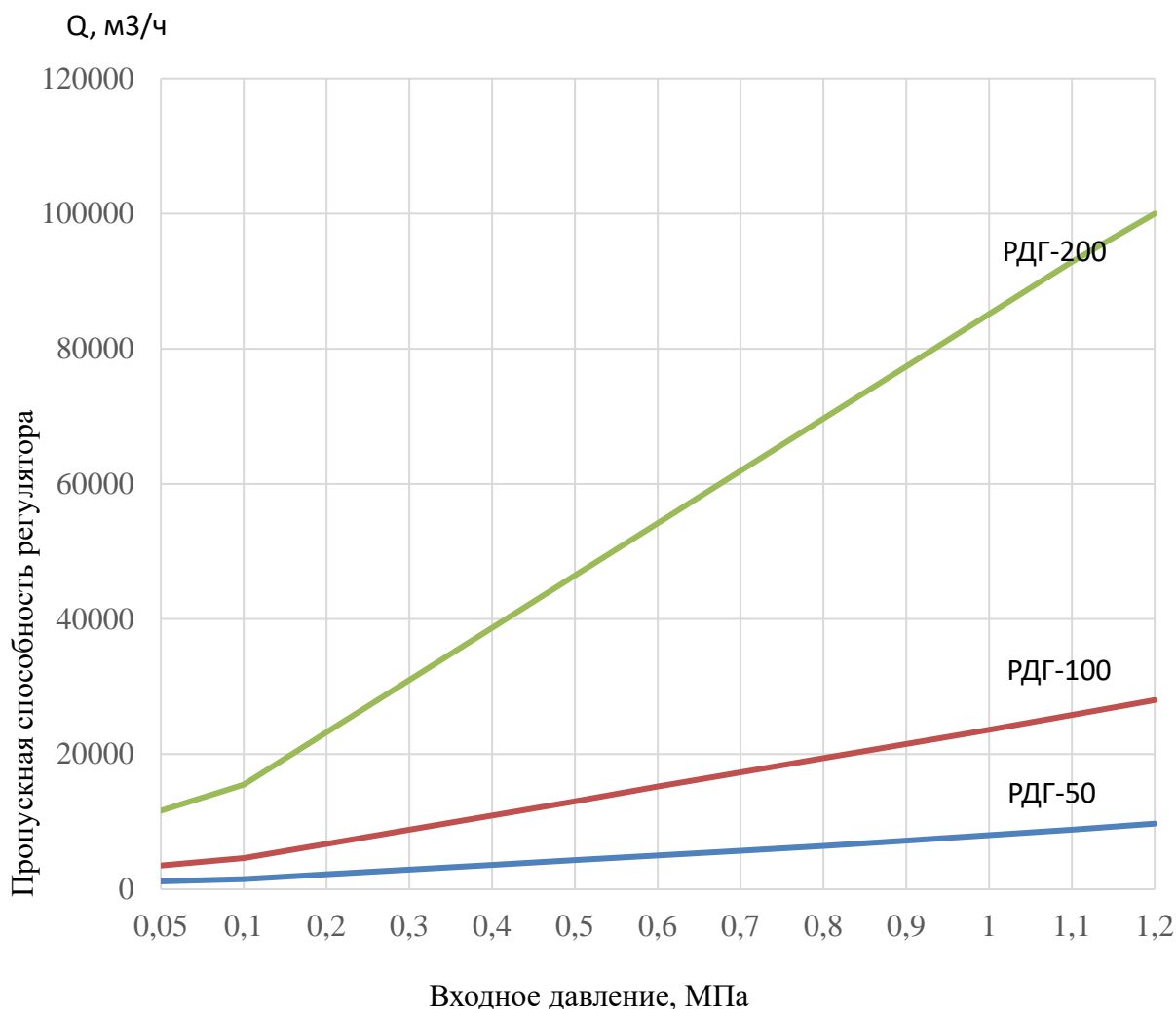


Рисунок 1 - Зависимость пропускной способности регуляторов давления типоразмеров РДГ-50, РДГ-100 и РДГ-200 от диаметра регулятора давления и входного давления на ШГРП

По графику видно, что при увеличении диаметра условного прохода от 50 до 200 мм пропускная способность возрастает в 8–10 раз, что соответствует теоретическим расчетам. Это позволяет гибко подбирать оборудование для шкафных газорегуляторных пунктов в зависимости от предполагаемой нагрузки, категории потребителей и характера эксплуатации.

По полученным зависимостям (см. рис. 1), видно, что производительность снижается при падении входного давления на ШГРП. Так, например, для РДГ-50 при падении входного давления в ШГРП на 0,1 МПа (от 0,3 до 0,2 МПа), производительность снизится почти на 25%, а при падении давления на 0,2 МПа приблизительно на 50 %.

Таким образом, при проектировании и модернизации ШГРП необходимо учитывать зависимость пропускной способности от диаметра условного прохода регулятора, так как от этого параметра зависит не только эффективность снабжения, но и безопасность функционирования всей системы газораспределения.

Регуляторы давления газа с мембранным исполнительным механизмом, такие как РДБК1-50/25 и РДБК1-50/35 предназначены для снижения среднего давления на низкое, а также автоматического поддержания заданного выходного давления из ШГРП. Например, если рассмотреть расшифровку типоразмера регулятора давления РДБК1-50/25, то цифра, после дроби указывает на диаметр седла регулирующего органа. Поэтому одним из

технических параметров регуляторов давления, оказывающих влияние на их производительность, является также диаметр седла регулирующего органа.

Пропускная способность регулирующих устройств определяется не только их условным проходным диаметром, но и геометрическими размерами седла, через которое непосредственно происходит протекание газа. Диаметр седла регулирующего органа влияет на величину эффективного проходного сечения и, следовательно, на максимальный объёмный расход газа, который может быть пропущен через регулятор давления без нарушения параметров регулирования.

Рассмотрим модели регуляторов давления РДБК1-50/25 и РДБК1-50/35 и согласно технической документации, имеют одинаковый номинальный условный проход (50 мм), однако отличаются по диаметру седла 25 мм и 35 мм), что приводит к различной пропускной способности.

Из приведённых данных видно, что увеличение диаметра седла регулирующего органа с 25 мм до 35 мм позволяет практически в два раза увеличить предельную пропускную способность регулятора давления РДБК1-50.

Таким образом, при увеличении диаметра седла регулирующего органа на 40 % (с 25 мм до 35 мм), площадь прохода увеличивается примерно на 96 %, что и отражается на росте пропускной способности (см. рис. 2).

На практике это означает, что выбор регулятора с увеличенным диаметром седла регулирующего органа целесообразен в тех случаях, когда ожидаются высокие значения расхода газа либо при необходимости создания резерва мощности на случай пиковых нагрузок.

Кроме того, важно учитывать, что увеличение пропускной способности должно сопровождаться соответствующими мерами по обеспечению устойчивости регулирования и предотвращению колебаний давления на выходе.

Таким образом, при выборе модификации регулятора давления в составе ШГРП необходимо учитывать не только диаметры условного прохода регуляторов давления, но и конструктивные особенности седла регулирующего органа, оказывающих существенное влияние на производительность и надёжность работы всей системы газораспределения.

Кроме того, важно учитывать, что увеличение пропускной способности должно сопровождаться соответствующими мерами по обеспечению устойчивости регулирования и предотвращению колебаний давления на выходе.

Таким образом, при выборе модификации регулятора давления в составе ШГРП необходимо учитывать не только номинальные диаметры, указанные в маркировке, но и конструктивные особенности седла, оказывающие существенное влияние на производительность и надёжность работы всей системы.

По полученной зависимости для регулятора давления РДБК1-50/25 (см. рис. 2.8), видно, что производительность снижается при падении входного давления на ШГРП. Так, например, при падении входного давления в ШГРП с регулятором давления РДБК1-50/25 на 0,1 МПа (от 0,3 до 0,2 МПа), производительность снизится почти на 18,6 %, а при падении давления на 0,2 МПа (от 0,3 до 0,1 МПа) приблизительно на 45 %.

На ШГРП с регулятором давления РДБК1-50/35 (см. рис. 2) при падении входного давления в ШГРП на 0,1 МПа (от 0,3 до 0,2 МПа), производительность снизится почти на 24,2 %, а при падении давления на 0,2 МПа (от 0,3 до 0,1 МПа) приблизительно на 50,4 %.

Следовательно, можно сделать вывод, что в рассмотренных регуляторах давления типа РДБК1, среди прочих параметров, значительное влияние на пропускную способность оказывает диаметр седла регулирующего органа.

Модели регуляторов давления РДБК1-50/25, РДБК1-100/50 и РДБК1-200/105 относятся к одному семейству, но различаются как по условному проходному диаметру, так и по конструкции седла регулирующего органа. При этом диаметр седла регулирующего органа оказывает прямое влияние на величину потока газа, способного пройти через

регулятор в единицу времени, что обусловлено физической зависимостью между площадью сечения и пропускной способностью.

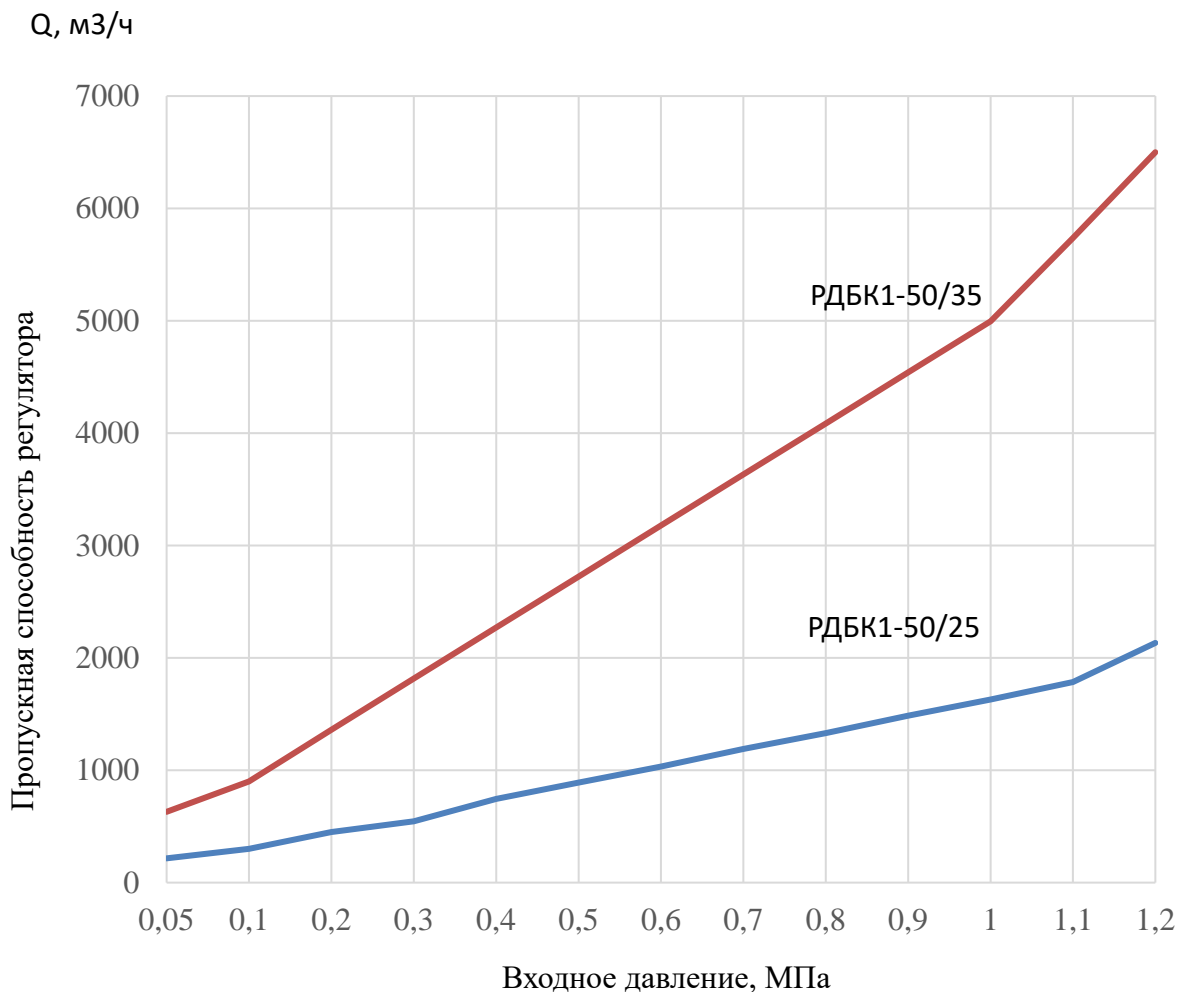


Рисунок 2 - Зависимость пропускной способности регуляторов давления с различными конструктивными особенностями седла при одинаковых диаметрах

Таким образом, при увеличении диаметра седла происходит рост пропускной способности, что позволяет регуляторам давления обеспечивать подачу газа к потребителям с разной степенью нагрузки (см. рис. 3).

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что при увеличении диаметра седла регулирующего органа с 25 мм до 105 мм, пропускная способность возрастает более чем в 13 раз. Это связано с квадратичной зависимостью площади проходного сечения от диаметра. Например, площадь отверстия при диаметре регулирующего органа 105 мм более чем в 17 раз превышает площадь при 25 мм.

Следует отметить, что с ростом диаметра седла регулирующего органа возрастают не только возможности по увеличению расхода газа, но и требования к устойчивости регулирования. Увеличение размеров седла регулирующего органа может снижать точность поддержания выходного давления при малых нагрузках, что требует применения дополнительных технических решений (например, стабилизаторов, корректной настройки пилотных регуляторов и предохранительных устройств).

Таким образом, оптимальный выбор диаметра седла является важнейшим инженерным решением при проектировании ШГРП, так как напрямую влияет на производительность и надёжность всей газораспределительной системы. При высоких расходах газа целесообразно применение регуляторов с большим диаметром седла

регулирующего органа, таких как РДБК1-200/105, в то время как для локальных распределительных сетей достаточно моделей с меньшим проходным сечением.

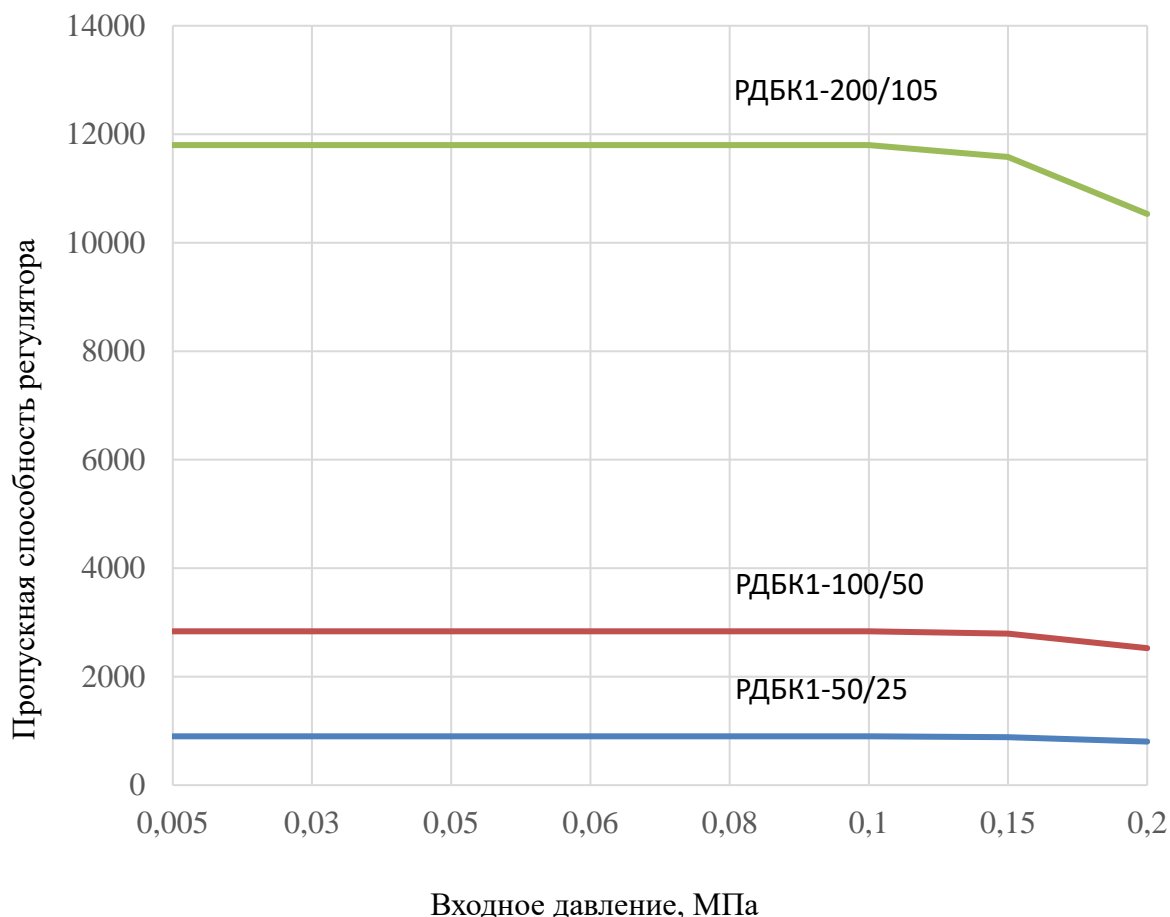


Рисунок 3 - Зависимость пропускной способности регуляторов давления с различными конструктивными особенностями седла при различных диаметрах

При прочих равных условиях увеличение входного давления приводит к увеличению перепада давления на регулирующем органе, что, в свою очередь, способствует росту пропускной способности.

На практике производительность регулятора РДГ50/25 варьируется в зависимости от конкретного значения давления на входе (см. рис. 4). Ниже приведены ориентировочные показатели зависимости расхода от входного давления при стандартных условиях и постоянном выходном давлении, соответствующем настройке.

По полученным зависимостям, можно сделать вывод, что при увеличении входного давления в 2 раза (например, с 0,1 МПа до 0,2 МПа) пропускная способность увеличивается примерно в 1,7–2 раза, что согласуется с теоретической зависимостью, учитывающей квадратный корень из давления.

Следует учитывать, что рост входного давления не может быть бесконечным: конструкция регулятора ограничивает максимально допустимые значения давления и расхода. При превышении установленных границ возможно нарушение устойчивости регулирования, срабатывание предохранительно-сбросных клапанов либо повреждение оборудования.

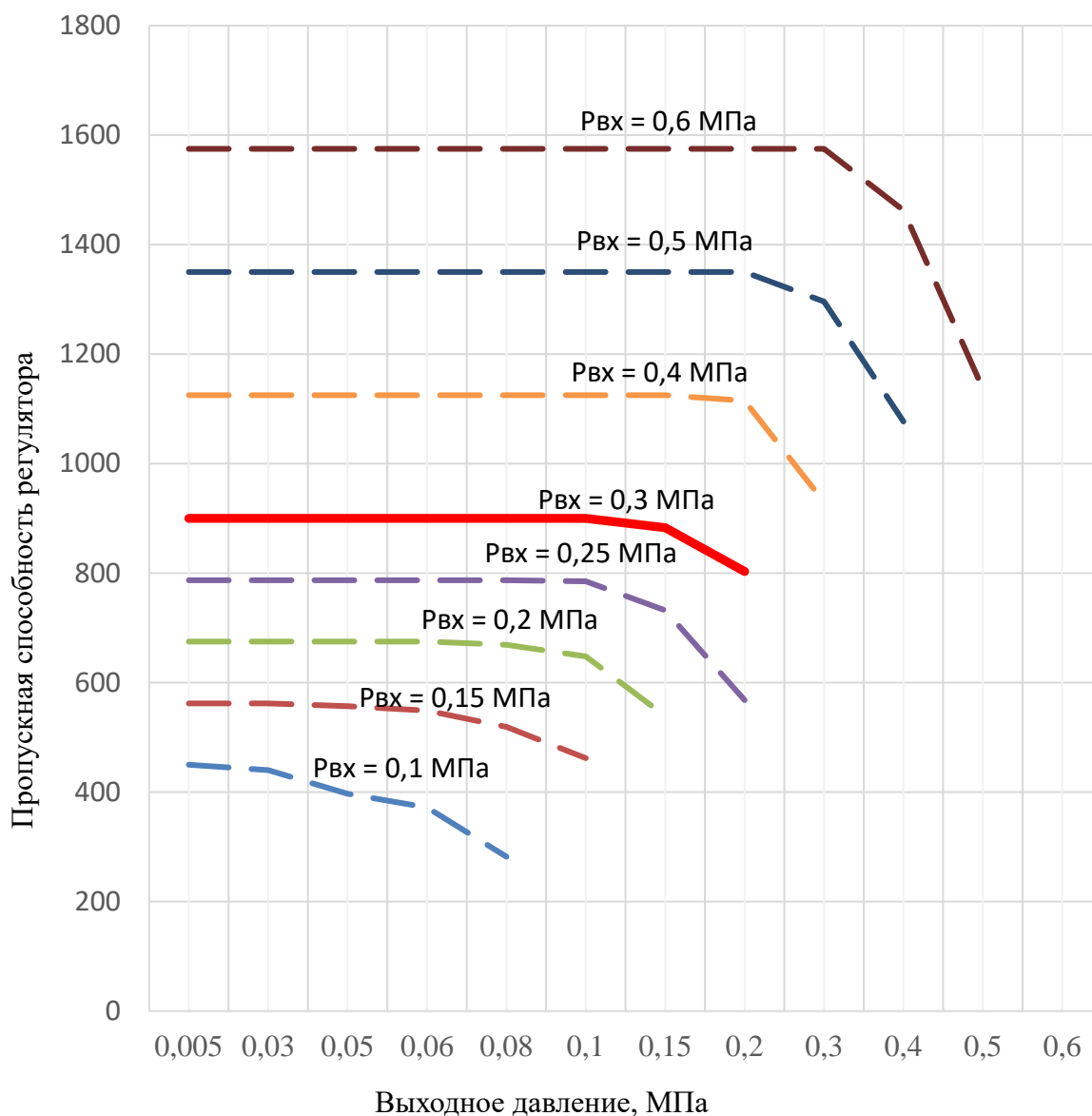


Рисунок 4 - Зависимость пропускной способности регулятора давления РДГ50/25 от изменения значений входного давления

Таким образом, зависимость пропускной способности регулятора РДГ50/25 от входного давления является нелинейной, но чётко выраженной: с увеличением давления на входе растёт и производительность устройства.

Список литературы

1. Шур, И. А. Газорегуляторные пункты и установки [Текст] / И. А. Шур. — Л.: Недра, 1985. — 288 с.
2. СН КР 42-02:2020. Проектирование систем газоснабжения [Текст]. - Бишкек, 2020.
3. СНиП КР 42-02:2015. Строительство систем газоснабжения [Текст]. - Бишкек, 2015.

А.С. Супуева, А.Ч. Орозобекова, А.Н. Нурбеков, Ж.Т. Жумалиев

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

A.S. Supueva, A.Ch. Orozbekova, A.N. Nurbekov, J.T. Jumaliev

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
a.supueva@kstu.kg, a.orozobekova@kstu.kg, argennurbekov09@gmail.com,
zhanybekjt@gmail.com

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВА В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ КОТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

ӨЗ-ӨЗҮНЧӨ ОРНОТУЛГАН ЖЫЛЫТУУЧУ КАЗАН СИСТЕМАЛАРЫНДА ОТУНДУ ПАЙДАЛАНУУГА АНАЛИЗ

ANALYSIS OF FUEL CONSUMPTION IN DECENTRALIZED BOILER SYSTEM

Өз-өзүнчө орнотулган жылытуучу казан системаларда отунду пайдаланууну баалоо алардын эффективдүү жана туруктуу иштешин камсыздоодо негизги курал болуп саналат. Алдын ала талдоо жүргүзүү энергетикалык чыгымдарды оптимизациялоого мүмкүндүк берет, бул өз кезегинде котелдик системалардын туруктуулугун жана жылуулук менен камсыздоонун ишенимдүүлүгүн жакшыртууга жардам берет. Ушул макалада жылуулук мезгилиндеги климаттык маалыматтарга негизделген отунду пайдалануу боюнча изилдөө сунушталат.

Түйүндүү сөздөр: Өз-өзүнчө орнотулган жылытуучу казан системалар, децентрализацияланган жылуулук системасы, отунду пайдалануу, жылуулук менен камсыздоонун ишенимдүүлүгү.

Оценка потребления топлива в децентрализованных котельных системах является ключевым инструментом для обеспечения их эффективной и устойчивой эксплуатации. Проведение предварительного анализа позволяет оптимизировать энергетические расходы, что способствует повышению стабильности работы котельных и надежности системы теплоснабжения. В данной статье представлено исследование потребления топлива, основанное на климатических данных отопительного периода.

Ключевые слова: котельные системы, децентрализованная система отопления, потребление топлива, надежность теплоснабжения.

Fuel consumption assessment in decentralized boiler systems is a key tool for ensuring their efficient and sustainable operation. Conducting a preliminary analysis allows for optimizing energy costs, which contributes to improving the stability of boiler operation and the reliability of the heat supply system. This article presents a study of fuel consumption based on the analysis of climatic data during the heating period.

Key words: boiler systems, decentralized heating system, fuel consumption, reliability of heat supply.

Современное развитие энергетических технологий требует тщательного подхода к управлению ресурсами и оптимизации расходов на топливо, особенно в контексте децентрализованных котельных систем. Эти системы, обеспечивающие теплом малые и средние населенные пункты, а также отдельные здания и комплексы, обладают рядом преимуществ, таких как гибкость в эксплуатации и возможность использования различных

видов топлива [1,2]. Однако, с точки зрения эффективного использования энергетических ресурсов, проблема анализа потребления топлива остается актуальной.

Для полноценного понимания проблемы потребления топлива в децентрализованных котельных системах необходимо рассмотреть, как они функционируют и чем отличаются от централизованных [1,2]. В отличие от централизованных систем теплоснабжения, где тепло производится в крупных теплоэлектроцентралях и распределяется по сети, децентрализованные котельные работают непосредственно на месте потребления. Это минимизирует потери энергии, так как отсутствует необходимость в транспортировке тепла через длинные магистральные сети, благодаря чему, такие системы обеспечивают более высокую энергоэффективность, сокращая тепловые потери и снижая эксплуатационные затраты, связанные с доставкой и распределением тепла.

Основным преимуществом таких систем является возможность адаптации к специфическим потребностям объектов разного типа — от жилых комплексов до производственных предприятий. Это открывает возможности для использования различных видов топлива, таких как природный газ, жидкое топливо, уголь, а в последнее время — биомасса и возобновляемые источники энергии.

Тем не менее, децентрализованные системы также сталкиваются с рядом вызовов. Например, выбор оптимального топлива и его эффективное использование напрямую зависит от локальных условий, таких как стоимость топлива, доступность ресурсов, а также потребности в отоплении в зависимости от климатических условий и времени года. Неоптимизированное потребление топлива может привести к значительным затратам, увеличению выбросов вредных веществ и снижению общей энергоэффективности системы [3,4].

Одним из важных аспектов управления децентрализованными котельными системами является прогнозирование расхода топлива. Точное предсказание потребности в топливе позволяет не только оптимизировать затраты, но и эффективно планировать поставки, избегать дефицита ресурсов и минимизировать потери при работе системы [5,6]. Прогнозирование расхода топлива становится особенно актуальным в условиях нестабильности внешних факторов, таких как изменения в ценах на топливо, колебания погодных условий и увеличение потребности в отоплении в холодные месяцы. Для успешного прогнозирования необходимо учитывать множество переменных. Среди них — сезонные колебания температуры, которые напрямую влияют на потребление энергии, а также особенности работы котельной в зависимости от характеристик объекта, его изоляции и технического состояния оборудования.

В данной статье проведены оценка потребления различных видов топлива для децентрализованной котельной. Данный прогноз расхода топлива в системе основывается на данных температуры наружного воздуха, собранных в предыдущем отопительном сезоне. Это позволяет учитывать реальные параметры работы системы, связанные с температурными колебаниями, потребностью в отоплении и фактическим потреблением топлива. Данные за прошедший отопительный сезон служат основой для анализа будущих потребностей в топливе, так как они отражают сезонные и циклические изменения, а также могут быть использованы для корректировки прогнозов с учетом возможных изменений.

Выбранный объект исследования предусматривает отопление и вентиляцию четырехэтажного жилого комплекса с подземным паркингом и с социальным комплексом в селе Кой-Таш (рис.1). Исходными данными являются: расчетная температура наружного воздуха в холодный период $t=-19^{\circ}\text{C}$; температура наружного воздуха за предыдущий отопительный период 2023-2024 гг., который составил 141 день (рис.2); источником тепла является котельная на собственной территории, температурный график тепловой сети 80/60 $^{\circ}\text{C}$; к установке приняты твердотопливные полуавтоматические котлы фирмы "Термокрафт" модели "Fakel-M 400" в количестве 3 шт, подключенных последовательным способом со следующими техническими характеристиками $Q_1=800$ кВт, $N=0,94$ кВт (основные котлы), $Q_1=400$ кВт, $N=0,94$ кВт (резерв); насос котлового контура $Q_{1,2}=17,19$ м³/ч, $H_{1,2}=1,05$ м,

$N=0,160$ кВт; насос подпиточный $Q_3=1,3$ м³/ч, $H_3=11$ м, $N=0,2$ кВт; параметры теплоносителя $t_1=95^\circ\text{C}$; $t_2=70^\circ\text{C}$. Тепловая схема для данной децентрализованной котельной приведена на рис. 3, а также в таблице 1 приведены основные параметры отопления и вентиляции.

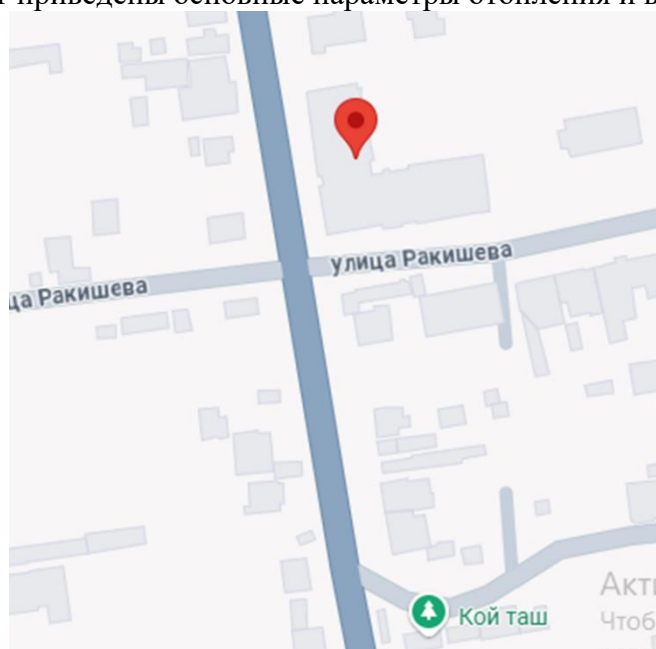


Рисунок 1 - Жилой комплекс в селе Кой-Таш на карте

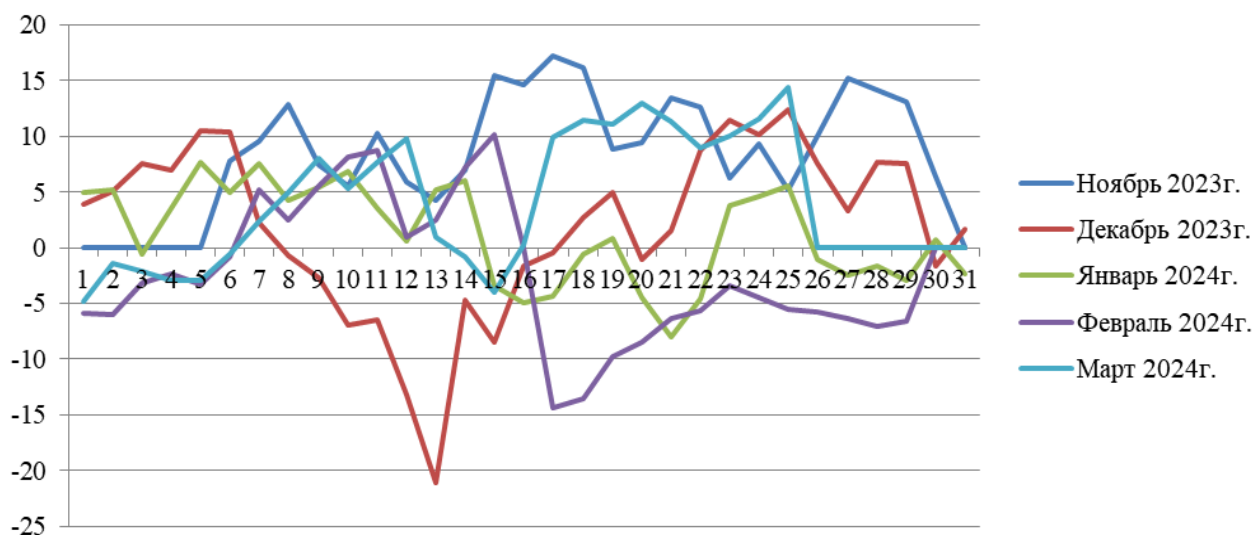


Рисунок 2 - График изменения температуры наружного воздуха, °C

В период отопительного сезона для обеспечения нужд гостиницы тепловой энергией в котельной задействуют напольные котлы номинальной мощностью одного котла $P=400$ кВт. В случае неполадки основного котла запускается резервный котел. Температурный отпуск воды в тепловую сеть составляет 95°C . Каждый твердотопливный котел имеет выход на дымоход с последовательным соединением. Источником водоснабжения является хозяйственный водопровод. Вентиляция в здании запроектирована с естественным и механическим побуждением.

Согласно термодинамике, работа теплоносителя равна:

$$A = p \cdot V,$$

где p – давление, Па;

V – объем теплоносителя, м³.

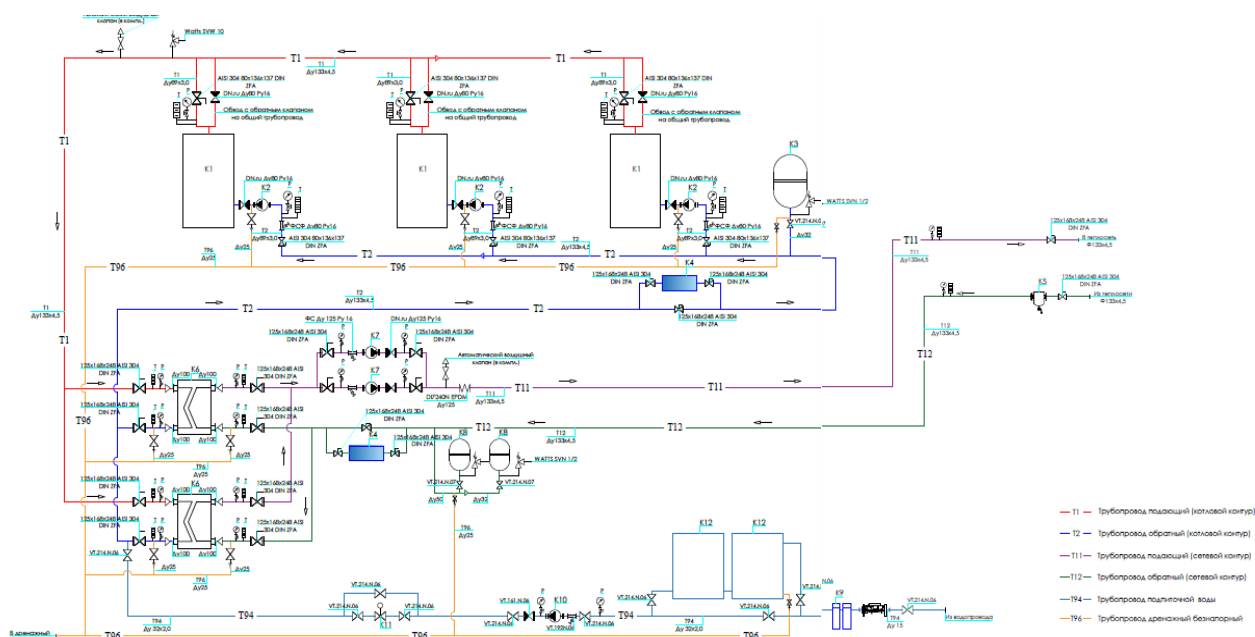


Рисунок 3 - Тепловая схема децентрализованной котельной

Таблица 1 – Основные параметры отопления и вентиляции

Наименование сооружения	Наружная температура воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$	Мощность, необходимая на отопление, кВт	Мощность, необходимая на вентиляцию, кВт	Общая мощность, кВт
4 эт. жил. комплекс (Блок 1)	-19	120,2	-	120,2
4 эт. жил. комплекс (Блок 1 и 2)	-19	45,48	54,29	99,77
4 эт. жил. комплекс (Блок 2)	-19	132,8	-	132,8
4 эт. жил. комплекс (рекреационный центр)	-19	51,52	30,01	81,53
Итого:	-19	350,0	84,3	434,3

Тогда мощность теплоносителя будет:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{p \cdot V}{t} = p \cdot Q,$$

где p – давление, Па;

Q – расход теплоносителя, $\text{м}^3/\text{с}$;

t – время, с.

Из принципиальной схемы котельной видно, что мощность котлового контура:

$$N = p_1 \cdot Q_1 + p_2 \cdot Q_2 + p_3 \cdot Q_3,$$

где Q_1 – расход насоса котлового контура первого котла, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_2 – расход насоса котлового контура второго котла, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_3 – расход подпиточного насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

$p_1 = \rho \cdot g \cdot H_1$ – давление, создаваемое насосом в котловом контуре первого котла, Па;

$p_2 = \rho \cdot g \cdot H_2$ – давление, создаваемое насосом в котловом контуре второго котла, Па;

$p_3 = \rho \cdot g \cdot H_3$ – давление, создаваемое подпиточным насосом, Па;

ρ – плотность воды (теплоносителя), кг/м³;

$g=9,8$ м/с² – ускорение свободного падения;

H_1 – напор насоса котлового контура первого котла, м;

H_2 – напор насоса котлового контура второго котла, м;

H_3 – напор подпиточного насоса, м.

Тогда мощность котлового контура при режиме работы котельной n+1 (где n=2 котла) будет:

$$N = 17,19 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,05 + 17,19 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,05 + 1,3 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 11 = 493,91 \text{ кВт}$$

В зависимости от температуры наружного воздуха определена выработка тепловой энергии посуточно (рис. 4). Объем выработанной тепловой энергии за весь отопительный сезон составит $W_{\text{выр}}=733053,6$ кВт·ч или $W_{\text{выр}}=2,64 \cdot 10^6$ МДж.

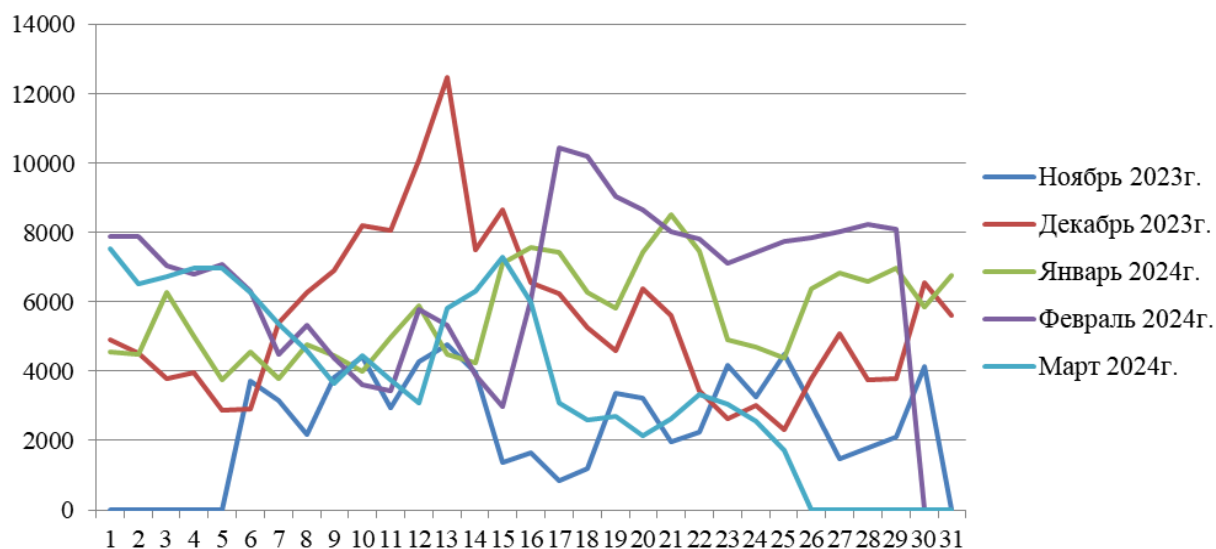


Рисунок 4 - График выработки тепловой энергии, кВт·ч

Выработка необходимого количества тепловой энергии $W_{\text{треб}}$ с учетом КПД котлов выразим как:

$$W_{\text{треб}} = \frac{W}{\eta_k},$$

где $\eta_k=0,81$ – КПД котлов;

Определим необходимое количество различных видов топлива для выработки тепловой энергии по формуле:

$$m = \frac{W_{\text{треб}}}{q},$$

где q – удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Для сравнительного анализа потребления выбран бурый уголь, каменный уголь, СУГ (сжиженный углеводородный газ, в основном, пропан) и СПГ (сжиженный природный газ, в основном, метан) (таблица 2).

На сегодняшний день в котельных системах используются различные виды топлива, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Природный газ является наиболее предпочтительным вариантом благодаря своей высокой энергетической эффективности, и относительно низкому уровню выбросов углекислого газа, оксидов азота и других загрязняющих веществ, что делает его более экологически чистым источником

энергии [5,6]. Уголь, напротив, несмотря на свою доступность, имеет негативное воздействие на экологию, что требует серьезного внимания при его использовании [3-6].

Таблица 2 – Сравнительный анализ параметров расхода топлива

Тип топлива/ Характеристики	Удельная теплота сгорания q , МДж/кг	Масса m , кг	Плотность жид фазы ρ , кг/м ³	Объем газа V , м ³
Бурый уголь	15	217284	-	-
Каменный уголь	29,3	111238	-	-
СУГ (пропан)	48,4	67340,1	550	122,4
СПГ (метан)	50,2	64925,5	450	144,3

Выводы. Произведен анализ потребления различных видов топлива для конкретной котельной. Расчет произведен на основе данных температуры наружного воздуха за предыдущий отопительный сезон аналогичного котельного пункта. Подобный подход позволяет оценить изменения расхода топлива в зависимости от колебаний внешней температуры, спрогнозировать потребление энергоносителей и в дальнейшем при необходимости разработать рекомендации по улучшению энергоэффективности и оптимизации затрат на топливо.

Список литературы

1. Eco-teplo. Сравнение систем централизованного и автономного отопления [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ecoteplo.ru/theory/sravnenie-sistem-tsentralizovannogo-i-avtonomnogo-otopleniya> / (дата обращения: 02.01.2024).
2. Блог об энергетике. Система теплоснабжения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energoworld.ru/blog/sistemy-teplosnabzheniya> / (дата обращения: 02.01.2025).
3. Асланян, Г.С. Экологически чистые угольные технологии. Аналитический обзор [Текст] / Г. С. Асланян. – Москва: 2004.
4. Гапонов, В. Л. Оценка экологичности сжигания органических видов топлива предприятиями топливно-энергетического комплекса [Текст] / В. Л. Гапонов, Н. С. Самарская // Инженерный вестник Дона. - 2015. - №3. 4 с.
5. Доронин, М.С. О некоторых эффектах газификации [Текст] / М. С. Доронин. – Вестник науки и образования. - Саратов: 2019. 3 с.

УДК 621.224:621.039.68

DOI:10.56634/16948335.2025.3.925-932

А.В. Волков¹, А.А. Дружинин², А.В. Филатов³, М.А. Бирюлин⁴

«МЭИ» Улуттук изилдөө университети, Россия, Москва

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Российская Федерация,

¹ORCID: 0000-0002-0011-1056,²ORCID: 0000-0001-9198-9253³ORCID: 0009-0004-1050-4170,⁴ORCID: 0009-0008-1014-5701**A.V. Volkov, A.A. Druzhinin, A.V. Filatov, M.A. Biriulin**

National Research Institute «MPEI», Moscow, Russian Federation

biriulinma@mpei.ru

**РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ
БИОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТУРБИН****ГИДРАВЛИКАЛЫК ТУРБИНАЛАРДЫН АГУУЧУ БӨЛҮГҮНҮН БИОЛОГИЯЛЫК
КООПСУЗ ЭЛЕМЕНТТЕРИН ЖАРАТУУГА БАЙЛАНЫШТУУ ЭСЕПТИК-
ЭКСПЕРИМЕНТТИК ИЗИЛДӨӨЛӨР****COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF
BIOLOGICALLY SAFE ELEMENTS FOR THE FLOW PASSAGE OF HYDRAULIC
TURBINES**

Бул макалада гидравликалык турбиналардын агуучу бөлүгүнүн биологиялык жактан коопсуз элементтерин иштеп чыгууга багытталган эсептөөлөр жана эксперименттик изилдөөлөр сунушталат. Иштин актуалдуулугу гидроагрегаттардын ихтиофаунага тийгизген терс таасирин азайтуу зарылдыгы менен шартталган, айрыкча гидроэнергетиканын жалпы энергетикалык балансындагы үлүшүнүн өсүшү шарттарында. Авторлор турбина аркылуу өтүү учурунда балыктарга таасир этүүчү негизги зыяндуу факторлорду системалаштырган: басымдын өзгөрүшү, тийүүчү чыңалуу, турбуленттүүлүк жана лопаткаларга урунуу. Биологиялык параметрлерди эске алган агымдарды сандык моделдөө ыкмасы, ошондой эле ар кандай балык түрлөрү үчүн өлүм коркунучунун интегралдык баасы баяндалган. Макалада турбинанын конструкциясын биологиялык коопсуздукту жогорулатуу максатында өзгөртүү боюнча учурдагы чечимдер каралып, натыйжалуулук менен экологиялуулуктун ортосундагы компромисстин анализи келтирилген. Долбоорлоо стадиясында биобезопасныкты сандык баалоо үчүн аддитивдик функционал сунушталган, бул инженердик чечимдерди негиздүү кабыл алууга шарт түзөт.

Түйүндүү сөздөр: гидротурбина, гидроэнергетика, биологиялык коопсуздук, балыкты коргоо технологиялары, CFD-моделдөө, тийүүчү чыңалуу.

В статье представлены расчетно-экспериментальные исследования, направленные на разработку элементов проточной части гидравлических турбин, обладающих повышенной биологической безопасностью. Актуальность работы обусловлена необходимостью минимизации негативного воздействия гидроагрегатов на ихтиофауну, особенно в условиях наращивания доли гидроэнергетики в общем энергетическом балансе. Авторами систематизированы ключевые повреждающие факторы, влияющие на рыбу при прохождении через турбину, такие как перепады давления, касательные напряжения, турбулентность и удары о лопасти. Описана методика численного моделирования потоков с учетом биологических параметров, а также интегральные подходы к оценке вероятности летального исхода для различных видов рыб. В работе рассматриваются существующие решения по модификации конструкции турбин с целью повышения биологической безопасности, и приводится анализ компромиссов между эффективностью и экологичностью. Предложен аддитивный функционал для количественной оценки биобезопасности на стадии проектирования, что позволяет принимать обоснованные инженерные решения в области создания рыбоохраных гидротурбин.

Ключевые слова: гидротурбина, гидроэнергетика, биологическая безопасность, рыбоохраные технологии, CFD-моделирование, касательные напряжения.

The article presents computational and experimental studies aimed at developing biologically safe components for the flow passage of hydraulic turbines. The relevance of this research is driven by the need to minimize the negative impact of hydro units on aquatic fauna, particularly fish, amid the increasing share of hydropower in the global energy mix. The authors systematize the key damaging factors affecting fish during turbine passage, such as pressure drops, shear stresses, turbulence, and blade strikes. A methodology for numerical flow modeling that incorporates biological parameters is described, along with integrated approaches to assess the probability of lethal injury for various fish species. The study examines current engineering solutions to improve the biological safety of turbines and analyzes trade-offs between efficiency and ecological safety. An additive functional is proposed for the quantitative assessment of bio-safety at the design stage, enabling well-founded engineering decisions in the development of fish-friendly hydro turbines.

Key worlds: hydraulic turbine, hydro energy, biological safety, fish-friendly technologies, CFD modeling, shear stress.

Гидроэлектростанции (ГЭС) являются одним из важнейших источников электрической энергии в мире, в частности в Российской Федерации им соответствует доля в 17-20%.

Несмотря на то, что ГЭС считаются экологически безопасными источниками энергии, при их эксплуатации могут возникать различные негативные явления, наносящие урон водоемам и организмам, в частности рыбам. Согласно [1; 2], при прохождении через водоводы и элементы проточного тракта гидротурбин ГЭС, рыба и планктон подвергаются множеству воздействий, таких как механические удары, перепады давления, касательные напряжения, турбулентность и др. На рисунке 1 на примере ПЛ-турбины продемонстрированы места, в которых могут происходить подобные явления.

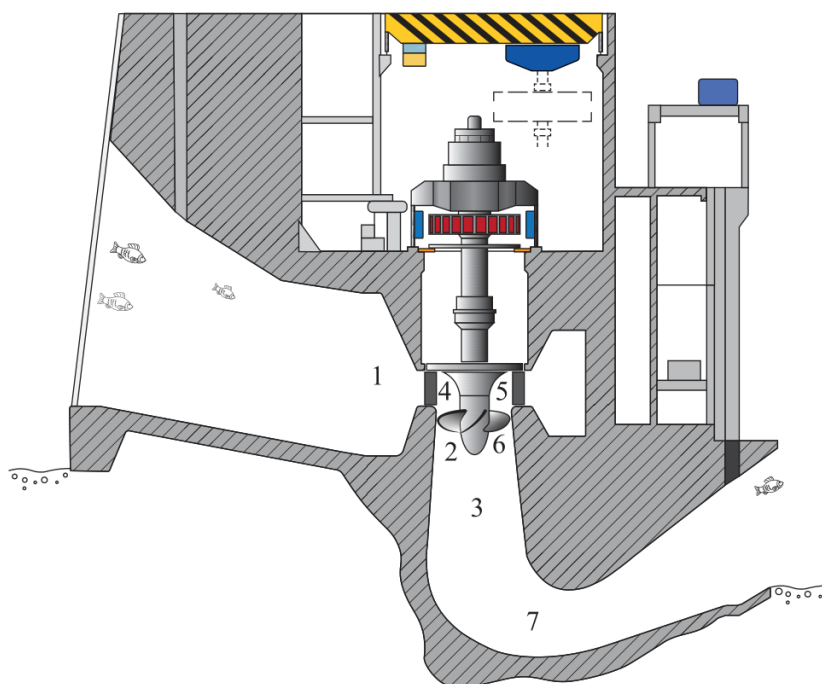


Рисунок 1 — Места в проточной части турбины, в которых проявляется опасные явления для рыб;

1 – повышение давления, 2 – область разрежения, 3 – кавитация, 4 – удар, 5 – истирание, 6 – сдвиговые явления, 7 – турбулентность

В [3], утверждается, что механическое повреждение от удара о лопасти имеет больший приоритет из-за более высокого процента летальности. Однако, в работе [4], продемонстрирована связь между длиной рыбы и летальностью от приведенных воздействий, показанная на рисунке 2.

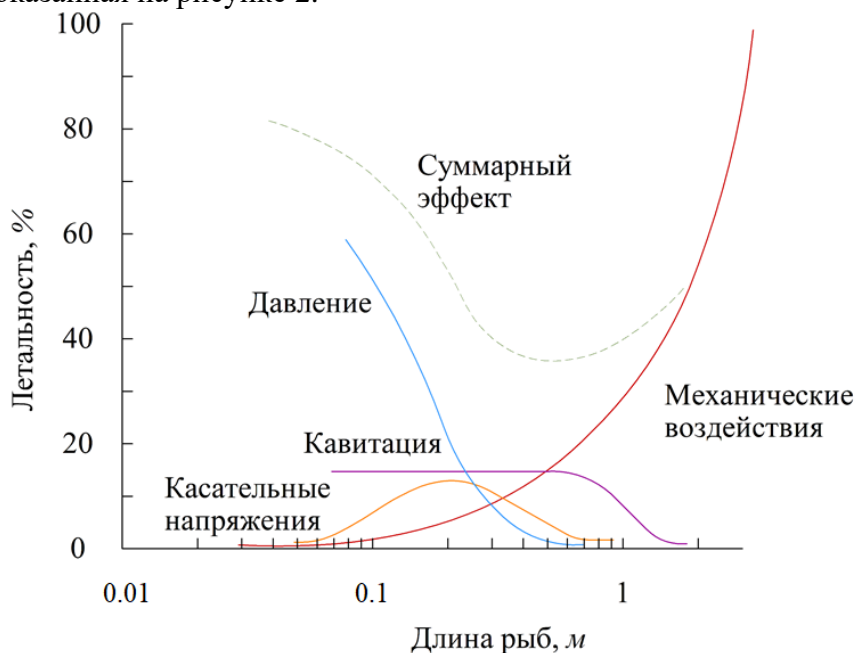


Рисунок 2 — Зависимость летальности от длины рыб

Проанализировав рисунок 1.2, можно сделать вывод, что наиболее сильное воздействие на рыб, имеющих размеры около 200 мм, оказывает перепад давления,

кавитация и сдвиг, в то время как наиболее длинный вид рыб (например, угорь), который может попасть в проточную часть гидротурбины, имеет длину до 1000 мм и будет скорее подвержен механическому воздействию.

Таким образом, необходимо выделить общие наиболее весомые негативные факторы и оценивать летальность в совокупности. В исследовании [5], показано, что определяющими негативными факторами являются удар, касательное напряжение и перепад давления.

В связи с тем, что гидроэнергетике отводится одна из ведущих ролей на рынке электроэнергии, то при создании новых гидроагрегатов для ГЭС необходимо уделять большее внимание экологичности и ставить его в один ряд с энергоэффективностью.

Таким образом, требуется провести ряд расчетных и экспериментальных исследований, которые позволят достичь высоких показателей биологической безопасности гидротурбин при минимальных потерях КПД.

Методика оценки биологической безопасности.

На начальных этапах изучения проблемы биологической безопасности проводились многочисленные исследования с использованием рыб, чтобы понять принципы прохождения рыбы через проточную часть гидроагрегатов и оценить потенциально наносимый ущерб, а затем выявить критерии, которым должна соответствовать биологически безопасная гидротурбина [6].

В основном они включали способы расстановки датчиков на рыбу, чтобы отследить ее после прохождения через гидротурбину. При дальнейших исследованиях, для исключения подвергания рыб опасности, были разработаны автономные сенсорные устройства [7; 8], которые имеют с рыбами схожие физические параметры и имитируют их поведение.

Накопление опыта и развитие компьютерных технологий позволило проводить новые эксперименты в сочетании с математическими моделями, что дает более четкое понимание работы гидравлического оборудования, а также его возможного взаимодействия с рыбами. Был разработан ряд прямых численных методов для оценки негативных факторов, действующих на рыб [9–14], однако в качестве выходных данных выдается только количественная оценка каждого явления при значительных вычислительных ресурсах с средним временем расчета 500–800 ч [6].

В связи с этим возникла потребность в интеграции всех наиболее влияющих факторов в совокупный показатель, который можно использовать на этапе планирования и проектирования новых турбин.

Одной из успешных попыток создания подобной методики являлась [15], основанная на параметрах, учитывающих размер рыбы, тип турбины и условия эксплуатации турбины. Позднее данная методика была усовершенствована и получила название «BioPA» [16]. В «BioPA» были включены соотношения между видами рыб и известными механизмами травм. В качестве главных параметров используется несколько величин для оценки летальности: минимальное давление, касательное напряжение, турбулентность, вероятность удара о лопасти с весовыми коэффициентами 50, 20, 10, 20 процентов соответственно.

В общем доступе представлена только эмпирическая формула для оценки вероятности летального ранения $P_{\text{лет}}$ при воздействии перепада давления (1):

$$P_{\text{лет}} = \frac{e^{-5,56+3,85 \cdot LRP_i}}{1 + e^{-5,56+3,85 \cdot LRP_i}}, \quad (1)$$

где LRP – это натуральный логарифм коэффициента изменения давления.

Данный коэффициент рассчитывается из выражения (2):

$$LRP_i = \ln\left(\frac{p_a}{p_{\min}}\right), \quad (2)$$

где p_a – давление, к которому приспособилась рыба до попадания в проточную часть; p_{\min} – минимальное давление, возникающее в проточной части.

Благодаря численному моделированию можно получить линии тока и определить минимальное давление, соответствующее каждой линии. С учетом равновероятного попадания рыбы, на каждую из полученных линий тока, строится гистограмма по ряду

интервалов давления для расчета вероятности воздействия определенного p_{\min} на рыбу. Если совместить плотность вероятности и зависимость летальной травмы от минимального давления, то площадь, ограниченная данными функциями, покажет вероятность гибели рыб. Таким образом, вероятность положительного исхода β для рыб при прохождении через проточную часть можно получить с помощью формулы (3):

$$\beta = \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{лет},i} \cdot P(p_{\min})_i \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

Так как комплексные методики оценки биобезопасности представлены не в полном виде, можно использовать предложения из исследования [5], показавшие высокую сходимость с экспериментальными результатами на действующей ГЭС в Европе.

Таким образом, неизвестное для разработчиков турбин давление акклиматизации p_a из уравнения (2) следует заменить на соответствующее максимальное давление $p_{\max,i}$ для каждой линии тока, получаемой при CFD-моделировании.

Наличие касательных напряжений и столкновений можно определять с помощью ускорения, действующего вдоль линии тока и рассчитываемого из системы уравнений (4):

$$\begin{cases} a = \left| \frac{\vec{u}_{t+1} - \vec{u}_{t-1}}{\Delta t_i} \right| \\ u_i = \sqrt{u_{i,x}^2 + u_{i,y}^2 + u_{i,z}^2} \\ \Delta S = \sqrt{(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (z_{i+1} - z_{i-1})^2} \\ \Delta t_i = \frac{\Delta S}{u_i} \end{cases} \quad (4)$$

Если длительность пикового значения ускорения составляет менее 0.0075 с, то данное воздействие определяется как столкновение. На рисунке 3 демонстрируется пример изменения ускорения при перемещении вдоль линии тока.

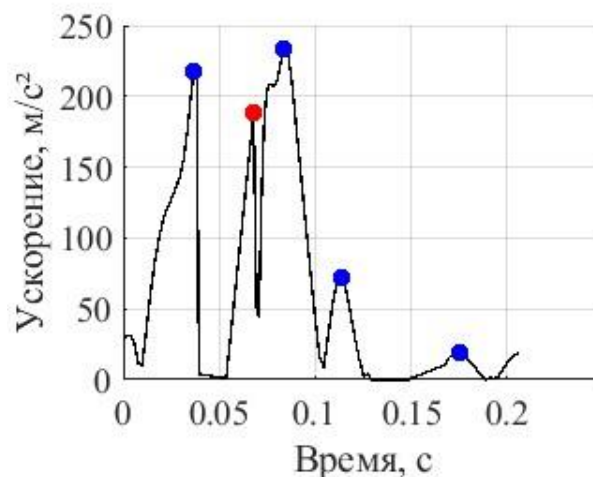


Рисунок 3 — Значение ускорений вдоль линии тока

Для установки соответствия между значением пикового ускорения для каждой линии тока и вероятностью летального исхода используется таблица 1 с коэффициентами негативного исхода.

Таблица 1 — Вероятность смертности, если рыба подвергается воздействию ускорений заданной величины

Фактор	Ускорение $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$				
	<45	45÷90	90÷135	135÷180	180÷2000
Касательное напряжение	0.1	0.2	0.6	0.8	1
Столкновение	0.1	0.2	0.6	0.8	1

По результатам расчета вычисляется суммарная вероятность летального исхода с помощью формулы (5):

$$P = P(\text{напряжение}) + P(\text{удар}) \quad (5)$$

Однако, в выражении (5) не учитывается, что на одной линии тока могут возникнуть несколько пиковых областей, связанных с различными факторами, поэтому, чтобы сделать данные более согласованными, данное выражение было дополнено и приняло вид (6):

$$P = P(\text{напряжение}) + P(\text{удар}) + P(\text{напряжение} \cap \text{удар}) \quad (6)$$

Методы повышения биологической безопасности.

В работе [17], подробно изложены методы, к которым прибегают производители гидротурбинного оборудования для повышения биологической безопасности.

На рисунках 4-6 демонстрируются наиболее популярные изменения, вносимые в конструкцию.

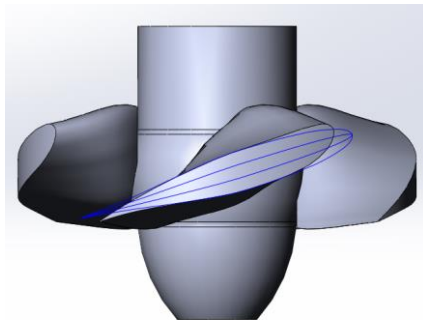


Рисунок 4 — Увеличение толщины лопасти

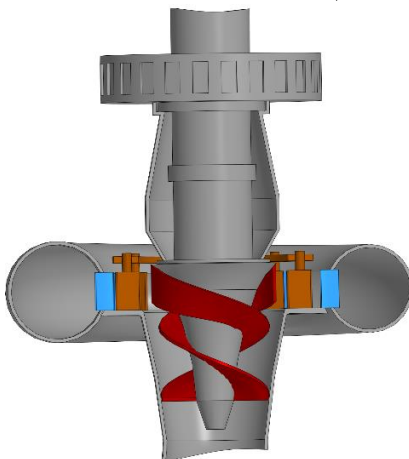


Рисунок 5 — Изменение угла охвата лопасти

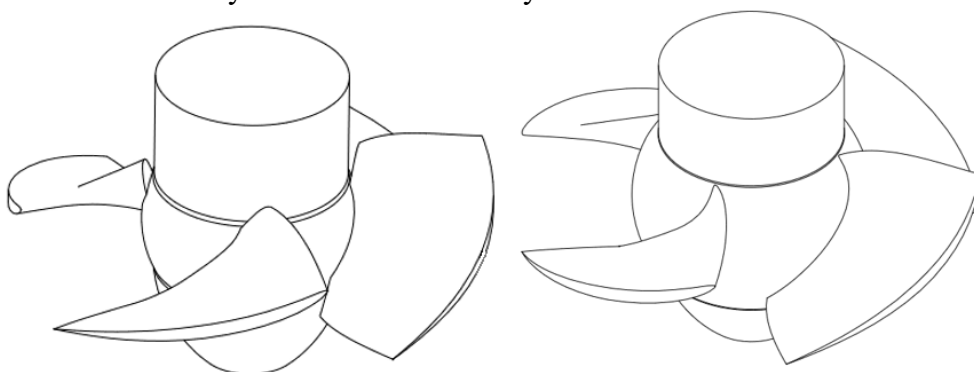


Рисунок 6 — Изменение формы втулки

Исследования показывают, что применение подобных решений повышает биологическую безопасность гидротурбин, однако снижают их эффективность. Таким образом, два показателя конкурентоспособности вступают в противоречие и возникает

необходимость в решении оптимизационной задачи, которое позволит достичь высоких показателей выживаемости при допустимых потерях КПД.

В [17, 18], изложены исследования взаимосвязей между КПД и биобезопасностью для вариантов, связанных с изменением формы втулки и толщины лопасти.

Конечной задачей данных исследований является составление аддитивного функционала, наглядно показанного на рисунке 7, с помощью которого еще на этапе проектирования инженером может быть оценена биологическая эффективность нового гидроагрегата.

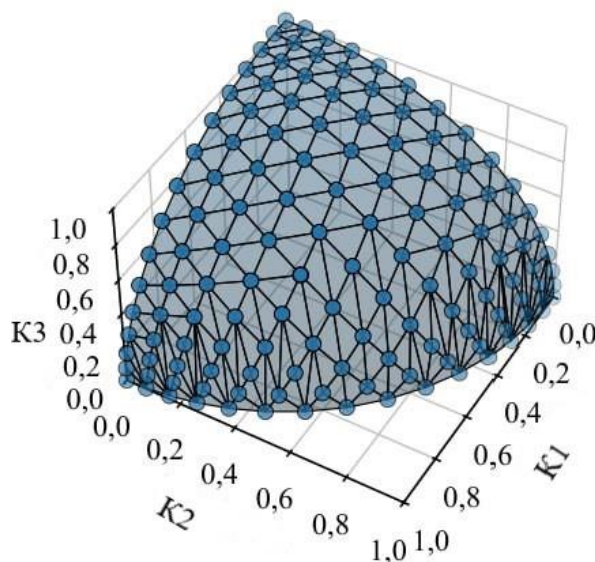


Рисунок 7 — Графическое отображение аддитивного функционала

Выводы.

В результате выполненных расчётно-экспериментальных исследований установлено, что наибольшее влияние на выживаемость рыб при прохождении через проточную часть гидротурбины оказывают перепады давления, касательные напряжения и механические удары о лопасти. На основе детального CFD-моделирования потоков с учётом биологических параметров рыб разработана интегрированная методика оценки биологической безопасности, в которой каждый из указанных факторов входит в состав аддитивного функционала с индивидуальными весовыми коэффициентами. Верификация методики на экспериментальных данных показала высокую сходимость расчётных и полученных в ходе испытаний значений вероятности летального исхода, что подтверждает её применимость уже на стадии проектирования гидроагрегатов. Анализ вариантов конструктивных модификаций, включая изменение толщины лопасти, угла её охвата и формы втулки — продемонстрировал возможность одновременного снижения интенсивности опасных воздействий на рыбу при сохранении допустимых значений гидродинамического КПД. Предложенный инструментальный комплекс, объединяющий моделирование потока и расчёт аддитивного показателя биобезопасности, может быть интегрирован в инженерную практику и CAD-среды, что позволит оперативно оценивать и оптимизировать проекты рыбоохранных гидротурбин в условиях многокритериальных ограничений.

Благодарность.

Настоящие материалы подготовлены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Национального проекта «Наука и университеты» о создании новых лабораторий, в том числе под руководством молодых перспективных исследователей по теме "Расчётно-теоретические и экспериментальные исследования по созданию эффективных энергетических комплексов на основе гидроресурсов с возможностью аккумулирования энергии и повышенной манёвренностью регулирования". Код (шифр) научной темы FSWF-2025-0004.

Список литературы

1. Čada, G. F. The Development of Advanced Hydroelectric Turbines to Improve Fish Passage Survival [Text] / G. F. Čada // Fisheries. — 2001. — Sept. — Vol. 26. — P. 14—23.
2. Čada, G. F. Development of biological criteria for the design of advanced hydropower turbines [Text] / G. F. Čada, C. C. Coutant, R. R. Whitney. — 1997. — Mar. — URL: <https://www.osti.gov/biblio/1218126>
3. Fish damage due to tubular turbine: Experiments and CFD simulations [Text] / C. Yang [et al.] // Ocean Engineering. — 2023. — Vol. 272. — P. 113881.
4. Coutant, C. Fish Behavior in Relation to Passage through Hydropower Turbines: A Review [Text] / C. Coutant, R. Whitney // Transactions of The American Fisheries Society - TRANS AMER FISH SOC. — 2000. — Mar. — Vol. 129. — P. 351—380.
5. Klopries, E.-M. Mortality assessment for adult European eels (*Anguilla Anguilla*) during turbine passage using CFD modelling [Text] / E.-M. Klopries, H. Schüttrumpf // Renewable Energy. — 2020. — Vol. 147. — P. 1481—1490.
6. Koukouvini, P. State of the Art in Designing Fish-Friendly Turbines: Concepts and Performance Indicators [Text] / P. Koukouvini, J. Anagnostopoulos // Energies. — 2023. — Vol. 16, no. 6. — URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/6/2661>.
7. Design and implementation of a new autonomous sensor fish to support advanced hydropower development [Text] / Z. D. Deng [et al.] // Review of Scientific Instruments. — 2014. — Nov. — Vol. 85, no. 11. — P. 115001.
8. Six-Degree-of-Freedom Sensor Fish Design and Instrumentation [Text] / Z. Deng [et al.] // Sensors. — 2007. — Vol. 7, no. 12. — P. 3399—3415.
9. Particle-based evaluations of fish-friendliness in Kaplan turbine operations [Text] / P. Romero-Gomez [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2019. — Mar. — Vol. 240, no. 4. — P. 042016.
10. Richmond, M. C. Fish passage through hydropower turbines: Simulating blade strike using the discrete element method [Text] / M. C. Richmond, P. Romero-Gomez // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2014. — Vol. 22. — P. 062010.
11. Fish damage assessment during the passage through traditional and fish-friendly axial-flow pumps with Lagrangian tracking approach [Text] / Q. Pan [et al.] // Ocean Engineering. — 2022. — June. — Vol. 253. — P. 111188.
12. Numerical Simulation and Experimental Verification of Downstream Fish migration in a Kaplan turbine [Text] / H. Benigni [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — June. — Vol. 774, no. 1. — P. 012149.
13. Overset meshes for incompressible flows: On preserving accuracy of underlying discretizations [Text] / A. Sharma [et al.] // Journal of Computational Physics. — 2020. — Nov. — Vol. 428. — P. 109987.
14. Koukouvini, P. A fast 6-Dof tracking method for submerged bodies: Application to fish passage through a turbine [Text] / P. Koukouvini, J. Anagnostopoulos. — 01/2024. — P. 030009.
15. Combining turbine blade-strike and life cycle models to assess mitigation strategies for fish passing dams [Text] / J. Ferguson [et al.] // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. — 2008. — Aug. — Vol. 65. — P. 1568—1585.
16. Quantifying barotrauma risk to juvenile fish during hydro-turbine passage [Text] / M. C. Richmond [et al.] // Fisheries Research. — 2014. — Vol. 154. — P. 152—164.
17. Методы обеспечения биобезопасности элементов проточных частей гидротурбин [Текст] / А. В. Волков, В. Ю. Ляпин, А. А. Дружинин и др. // Теплоэнергетика. — 2023. — № 11. — С. 107-114. — DOI 10.56304/S0040363623110127. — EDN RVGRE
18. Оценка влияния изменения давления в проточной части на биологическую безопасность осевой гидротурбины при увеличении толщины лопасти рабочего колеса [Текст] / М. А. Бирюлин, А. В. Волков, А. А. Дружинин и др. // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. — 2025. — Т. 68, № 2. — С. 175-188. — DOI 10.21122/1029-7448-2026-68-2-175-188. — EDN EJNNKX.

Ж.Т. Галбаев¹, И.У. Рахмонов²

¹И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

²И.А.Каримова атындагы Ташкент мамлекеттик техникалык университети,
Ташкент, Өзбекстан

¹КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

²Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова,
Ташкент, Узбекистан

J.T. Galbaev¹, I.U. Rakhmonov²

¹ Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

²Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov, Tashkent, Uzbekistan
ilider1987@yandex.ru

FACTORS AFFECTING THE RELIABILITY OF INVERTERS IN LARGE-SCALE SOLAR POWER PLANTS

ИРИ КӨЛӨМДӨГҮ КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНДАГЫ ИНВЕРТОРЛОРДУН ИШЕНИМДҮҮЛҮГҮНӨ ТААСИР ЭТҮҮЧҮ ФАКТОРЛОР

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЁЖНОСТЬ ИНВЕРТОРОВ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Бул изилдөөдө ири масштабтагы күн фотоэлектр (ФЭ) станцияларында колдонулуучу борборлоштурулган инверторлордун ишенимдүүлүгүнө таасир этүүчү негизги факторлор каралат. Инверторлордун иштен чыгышы система жеткиликтүүлүгүн, электр энергиясын өндүрүүнү олуттуу түрдө төмөндөтүп, техникалык тейлөө чыгымдарын көбөйтөт. Таасир этүүчү факторлор төрт багыт боюнча классификацияланган: айлана-чөйрө, эксплуатациялык шарттар, конструктивдик өзгөчөлүктөр жана тейлөө стратегиясы. Архивдик иштен чыгуу маалыматтары жана эксперттик баалоолор негизинде тобокелдик деңгээли менен реалдуу иштен чыгуулардын өз ара байланышы боюнча корреляциялык статистикалык баалоо жүргүзүлгөн. Ошондой эле инверторлордун деградациясын алдын ала божомолдоо жана калдык ресурсту (RUL) эсептөө үчүн LSTM нейротармактык модели колдонулган. Натыйжалар көрсөткөндөй, иштен чыгуулардын негизги себептери эксплуатациялык жана климаттык факторлор болуп саналат. Болжолдуу аналитика менен абалды мониторингдөө системаларын киргизүү инверторлордун кызмат мөөнөтүн кыйла узартууга жана пландан тышкары токтоп калууларды кыскартууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: инверторлордун ишенимдүүлүгү, күн электр станциясы, алдын ала тейлөө, климаттык таасирлер, эксплуатациялык бузулуулар, LSTM, бузулууну моделдөө.

В настоящем исследовании рассматриваются основные факторы, влияющие на надёжность централизованных инверторов, используемых в крупномасштабных солнечных фотоэлектрических (ФЭ) электростанциях. Отказы инверторов существенно снижают доступность системы, выработку электроэнергии и повышают затраты на техническое обслуживание. Влияющие факторы были классифицированы по четырём направлениям: окружающая среда, эксплуатационные условия, конструктивные особенности и стратегия обслуживания. На основе архивных данных отказов и экспертных оценок была проведена корреляционная статистическая оценка взаимосвязи между уровнем риска и фактическими отказами. Также была реализована нейросетевая модель LSTM для прогнозирования деградации инверторов и расчёта остаточного ресурса (RUL). Результаты показывают, что основными причинами отказов являются эксплуатационные и климатические факторы.

Внедрение прогнозной аналитики и систем мониторинга состояния позволяет существенно продлить срок службы инверторов и сократить внеплановые простои.

Ключевые слова: надёжность инверторов, солнечная электростанция, прогнозное обслуживание, климатические воздействия, эксплуатационные неисправности, LSTM, моделирование деградации.

This study investigates the key factors affecting the reliability of centralized inverters in large-scale solar photovoltaic (PV) power plants. Inverter failures significantly impact system availability, energy yield, and maintenance costs. The influencing factors were categorized into environmental, operational, design-related, and maintenance-related domains. Using historical failure data and expert assessments, statistical correlation analysis was performed to evaluate the relationship between risk scores and actual failure contributions. Additionally, a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network was applied to predict inverter degradation and estimate Remaining Useful Life (RUL). The results indicate that operational and environmental factors are the leading causes of inverter failures. The integration of predictive analytics and condition monitoring can significantly enhance inverter lifespan and reduce unplanned downtimes.

Key words: inverter reliability, large-scale solar power, predictive maintenance, environmental stress, operational faults, LSTM, degradation modeling.

В настоящем исследовании рассматриваются основные факторы, влияющие на надёжность централизованных инверторов, используемых в крупномасштабных солнечных фотозлектрических (ФЭ) электростанциях. Отказы инверторов существенно снижают доступность системы, выработку электроэнергии и повышают затраты на техническое обслуживание. Влияющие факторы были классифицированы по четырём направлениям: окружающая среда, эксплуатационные условия, конструктивные особенности и стратегия обслуживания. На основе архивных данных отказов и экспертных оценок была проведена корреляционная статистическая оценка взаимосвязи между уровнем риска и фактическими отказами. Также была реализована нейросетевая модель LSTM для прогнозирования деградации инверторов и расчёта остаточного ресурса (RUL). Результаты показывают, что основными причинами отказов являются эксплуатационные и климатические факторы. Внедрение прогнозной аналитики и систем мониторинга состояния позволяет существенно продлить срок службы инверторов и сократить внеплановые простои.

Ключевые слова: Надёжность инверторов, солнечная электростанция, прогнозное обслуживание, климатические воздействия, эксплуатационные неисправности, LSTM, моделирование деградации.

Introduction. As the global demand for clean and sustainable energy intensifies, solar photovoltaic (PV) power plants have emerged as a cornerstone of the renewable energy transition. Among the critical components ensuring the seamless functioning of these power plants are inverters, which serve the essential function of converting the direct current (DC) generated by solar panels into grid-compatible alternating current (AC). In large-scale solar installations, centralized inverters dominate due to their scalability and cost-effectiveness. However, their reliability remains a major challenge, directly affecting the overall energy yield, operational continuity, and return on investment.

The inverter, often referred to as the “heart” of the solar PV system, is subjected to a wide range of stressors—both environmental and operational—which can lead to early failures, reduced efficiency, or system shutdowns. A 2020 report by the National Renewable Energy Laboratory (NREL) highlighted that inverter failures account for up to 60% of all unscheduled maintenance events in utility-scale solar farms [NREL, 2020]. Moreover, the failure of a central inverter in a large-scale plant can cause the shutdown of multiple megawatts of capacity, incurring significant energy losses and maintenance costs [1,2].

In order to ensure optimal performance and lifecycle of solar inverters, it is essential to understand the multifaceted nature of factors that influence their reliability. These factors can be broadly classified into four categories: Environmental, Operational, Design, and Maintenance. Each category encompasses a set of specific risks that—individually or collectively—impact the durability and performance of inverters in harsh field conditions. The infographic below (Figure 1) provides a structured classification of these influencing factors, offering a visual framework for the discussion that follows.

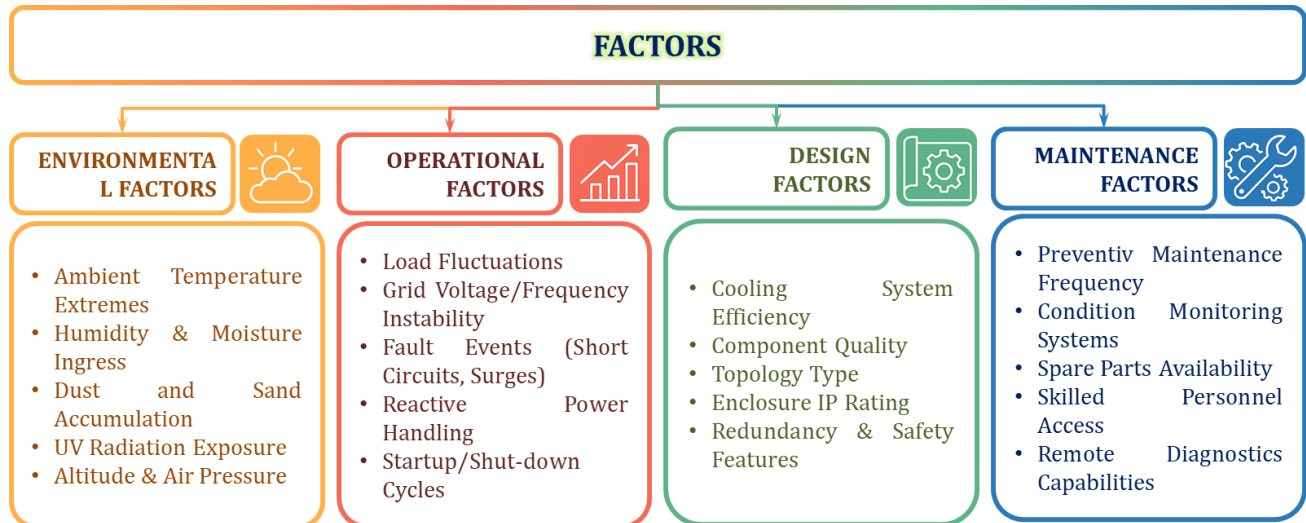


Figure 1 - Categorization of key factors affecting the reliability of inverters in large-scale solar power plants

Recent field data and reliability studies help quantify the relative contribution of each category to inverter failures. Based on compiled industry reports and fault log analytics, the table below illustrates the typical share of each factor category in total inverter reliability issues (Table 1):

Table 1 - Contribution of Major Factor Categories to Inverter Reliability Issues (compiled from NREL, IET, MDPI)

Factor Category	Typical Failure Contribution (%)	Main Risk Elements
Environmental	23	Temperature, Humidity, Dust, UV Exposure
Operational	32	Grid Instability, Load Swings, Surges
Design	18	Poor Cooling, Component Quality, Topology Issues
Maintenance	27	Irregular Maintenance, Delayed Repairs

Operational factors are the most significant contributors to inverter failures, accounting for around 30% of incidents due to voltage instability, power surges, and load fluctuations. Environmental conditions such as dust, humidity, and temperature extremes follow closely, causing 25% of failures through overheating, corrosion, and insulation damage. Design flaws—like inadequate component ratings or poor thermal management—further impact inverter lifespan, while maintenance strategies (preventive, predictive, or reactive) critically determine failure frequency and service continuity.

Unplanned downtimes can lead to substantial energy and financial losses. For instance, inverter issues result in 1.2–2.3% annual energy loss in large-scale PV farms, potentially exceeding

\$400,000 USD per year for a 100 MW plant. As inverters often require replacement every 7–10 years—well before PV modules—this mismatch amplifies reliability concerns. Expanding solar deployment into diverse and harsh climates, along with increasing grid complexity, necessitates advanced solutions like IoT-based real-time monitoring and AI-driven predictive maintenance. Enhancing inverter reliability is therefore vital for both technical performance and energy investment protection.

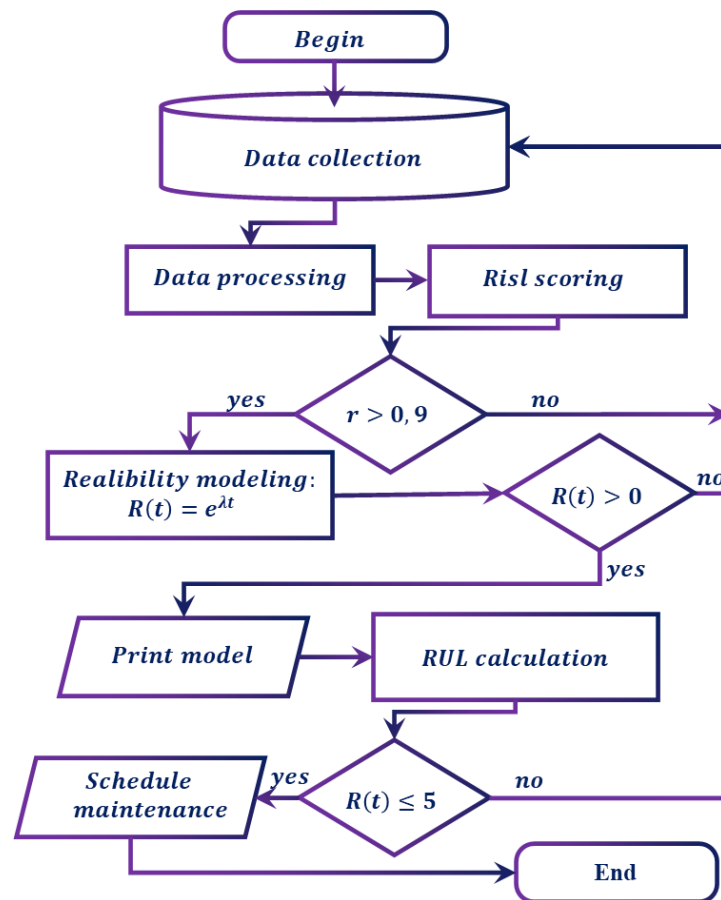


Figure 1 - Predictive maintenance and reliability assessment algorithm for centralized inverters in solar pv systems

Fig. 1 illustrates a predictive maintenance algorithm for inverter reliability in solar PV systems. It begins with data collection and preprocessing, followed by risk scoring of environmental, operational, design, and maintenance factors. If the correlation coefficient $r > 0,9$, reliability is modeled using $R(t) = e^{-\lambda t}$, otherwise, the model checks if $R(t) > 0$ to proceed. An LSTM model then estimates the Remaining Useful Life (RUL). If $R(t) \leq 5$, maintenance is scheduled. This closed-loop system enables early fault detection, optimizes inverter lifespan, and ensures reliable energy output.

Methodology. This study adopts a comprehensive methodological approach that integrates statistical correlation analysis, real-world fault log evaluation, and predictive modeling using deep learning techniques to assess and enhance the reliability of centralized inverters in large-scale photovoltaic (PV) solar power plants. Data were collected from multiple operational PV sites, each ranging from 50 MW to 150 MW in capacity, over a continuous five-year period (2019–2024). These datasets included detailed fault logs, preventive and corrective maintenance records, environmental monitoring data, and real-time inverter telemetry. To ensure uniformity across sites, data preprocessing involved outlier filtering, missing value imputation via time-based interpolation, and normalization of key variables such as voltage, temperature, and current. The influencing factors were systematically grouped into four categories: environmental (e.g., temperature, humidity, dust exposure), operational (e.g., grid instability, load variations, harmonic distortion), design-related (e.g., inverter topology, cooling mechanisms, thermal design), and maintenance-

related (e.g., inspection frequency, spare part availability, technician response time). Each factor was assigned a normalized risk score (0–10) based on expert input via the Delphi method and historical data, then integrated into a weighted risk matrix for correlation analysis. Pearson and Spearman correlations confirmed strong, statistically significant relationships ($p < 0.05$) between risk scores and inverter failure rates, highlighting the framework’s predictive validity.

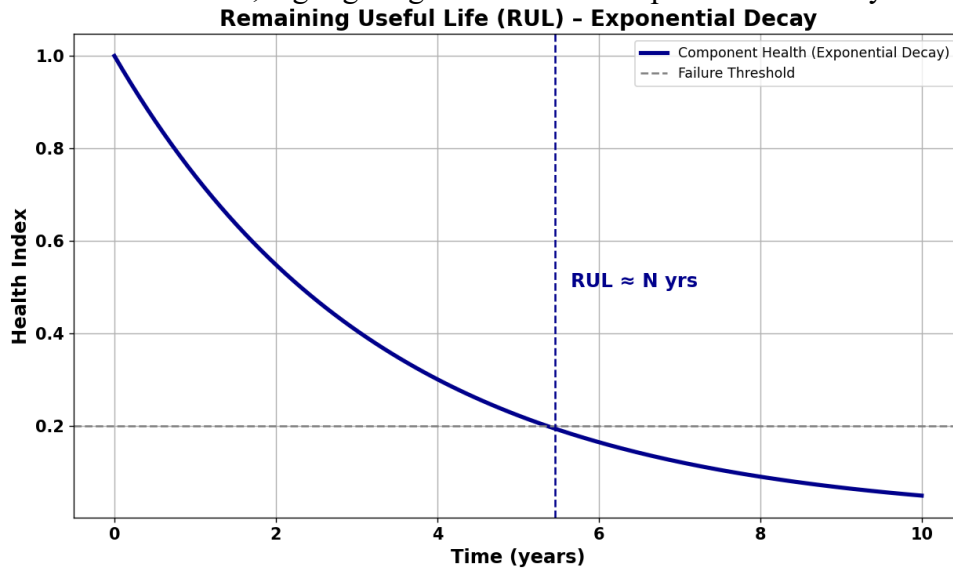


Figure 2 - Remaining useful life variation graph

To support predictive maintenance, an LSTM neural network was developed using time-series sensor data (e.g., temperature, voltage deviation, fan speed, harmonic distortion). The model, consisting of two LSTM layers and a dense output, was trained with the Adam optimizer (learning rate = 0.001) and validated using MAPE. Its primary output was the prediction of Remaining Useful Life (RUL) - a key metric indicating how much operational time remains before a failure is likely to occur (Figure 2). Accurate RUL forecasting allows for timely interventions, ensuring maintenance is scheduled before failures arise. The model was embedded into a SCADA-integrated edge computing platform for real-time monitoring and proactive alerts, thereby reducing unplanned outages and extending inverter lifespan.

Result. To quantify the impact of different factors on inverter reliability, we evaluated historical fault log data and conducted a correlation analysis between reported failure contributions and composite risk scores. The reliability function was estimated using the exponential model:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

where $R(t)$ is the reliability at time t , and λ is the failure rate. For inverters operating under harsh environmental conditions (e.g., $\lambda = 0.18$), the 5-year reliability was computed as:

$$R(5) = e^{-0.18 \times 5} \approx 0.4066 \text{ or } 40.7\%$$

This suggests that nearly 60% of such inverters may degrade significantly over a typical 5-year cycle without preventive measures. To further validate the relationship between perceived risk and failure frequency, we performed statistical correlation analysis. A synthetic risk score was assigned to each factor category based on sensor-based diagnostics and expert evaluation. The Pearson correlation coefficient between failure contribution and risk score was 0.986 with a p-value of 0.014, indicating a very strong linear correlation. The Spearman correlation yielded a perfect score of 1.000 ($p = 0.000$), suggesting a consistent monotonic relationship.

Additionally, predictive maintenance frameworks using condition monitoring sensors and LSTM-based machine learning models led to significant improvements. The Remaining Useful Life (RUL) was extended by an average of 2.8 years, with operational availability increasing from 88.4% to 96.1%. These findings affirm that both environmental and operational factors are dominant contributors to inverter unreliability, and their impacts can be mitigated through intelligent design, real-time monitoring, and adaptive maintenance planning.

Discussion. Ensuring the long-term reliability of inverters in large-scale solar power plants requires a multidisciplinary approach involving design, environmental control, and predictive

analytics. For example, using the exponential reliability model $R(t) = e^{-\lambda t}$, a failure rate of $\lambda=0,18$ yields a 5-year reliability of just 40,66%, highlighting the need for robust reliability strategies [11].

This model assumes a constant failure rate, which is valid in the mid-life phase of electronics like inverters. However, inverters exhibit a “bathtub curve” failure profile—high infant mortality due to early defects, a period of stable operation, and increasing failure probability due to aging. Therefore, for a more accurate prediction of long-term performance, the Weibull distribution is recommended:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta}$$

where, η is the scale parameter (characteristic life), β is the shape parameter (if $\beta > 1$, failures increase over time).

Correlation Between Risk and Failure Contribution. The correlation analysis revealed very strong linear (Pearson $r = 0,986$) and monotonic (Spearman $\rho = 1.000$) relationships between risk scores and actual failure contributions across categories [12s]. This implies that qualitative risk indicators—like dust exposure, thermal stress, or grid instability—can reliably predict actual failure probabilities when quantitatively assessed. Let the risk score for each factor category be denoted by X_i , and the failure contribution be Y_i . Then the correlation coefficient r is computed as:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \times \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

This statistical significance ($p < 0.05$) justifies using expert-derived and sensor-based composite scores to proactively rank risk categories in field operations. **Impact of Operational and Environmental Stressors.** Among the four categories studied, Operational (32%) and Environmental (23%) factors contribute the most to inverter failures. These include:

- Thermal cycling: Rapid temperature fluctuations induce mechanical stress on solder joints and components.
- Dust and sand: Clogs cooling systems and causes dielectric breakdown.
- Grid instability: Frequent transients and harmonics stress the inverter’s control electronics and power semiconductors.

The inverter’s junction temperature T_j is governed by the power dissipated and ambient conditions:

$$T_j = T_a + R_{th} \times P_{loss}$$

where, T_a - ambient temperature, R_{th} - thermal resistance ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$), P_{loss} - power loss (W).

If T_j exceeds threshold limits (typically $\sim 125^{\circ}\text{C}$ for IGBTs), it accelerates degradation via Arrhenius acceleration factor:

$$AF = e^{\left(\frac{E_a}{k}\right) \times \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_j}\right)}$$

where, E_a is activation energy ($\sim 0,7$ eV for electronics), k is Boltzmann’s constant, T values are in Kelvin. This relation shows how even small increases in internal temperature exponentially decrease component lifespan.

Predictive maintenance using LSTM (Long Short-Term Memory) networks, trained on time-series data (e.g., current harmonics, heat sink temperature, fan speed), was found to increase Remaining Useful Life (RUL) by an average of 2,8 years (Figure 3). The LSTM model forecasts degradation $D(t)$ as:

$$D(t) = f(\{x_{\{t-n\}}, \dots, x_t\})$$

where x_t are sensor observations at time t . The forecasted RUL τ is:

$$\tau = \min\{t : D(t) \geq D_{crit}\}$$

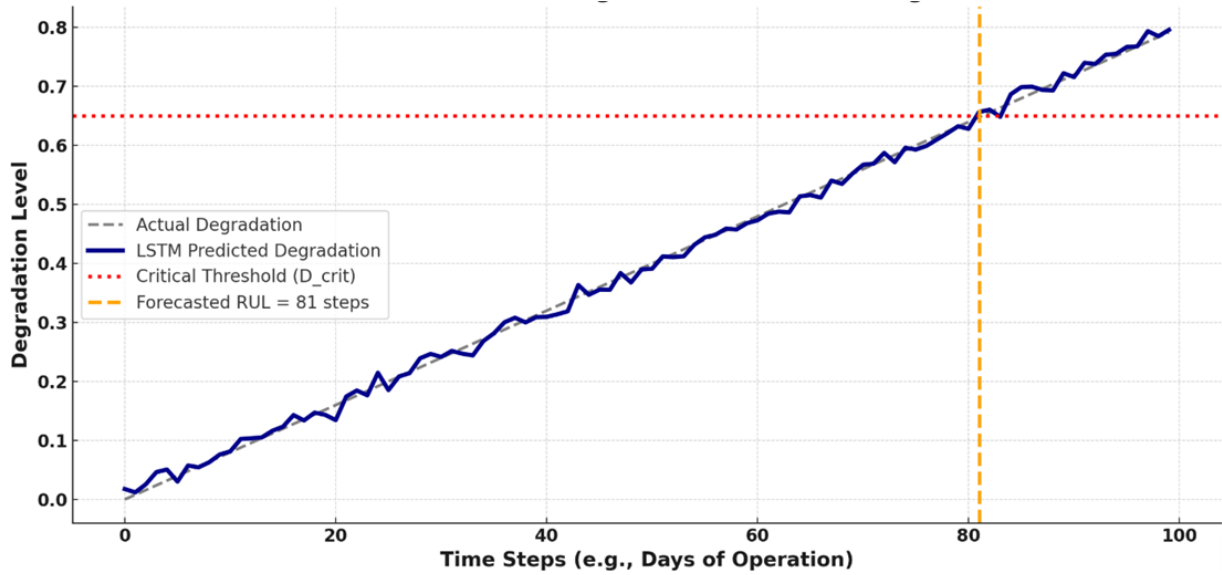


Figure 3 - LSTM predicted and actual degradation and remaining useful life

When integrated with SCADA or IoT platforms, these models allow preemptive dispatching of maintenance crews, spare parts ordering, and fault mitigation without service interruption.

Inadequate surge protection exposes systems to grid instability. Improvements include:

- Using modular string inverters instead of large central inverters to isolate faults.
- Enhanced IP65-rated enclosures to block moisture and dust.
- Incorporation of active cooling and thermal interface materials (TIMs).

Designs that implement redundancy in critical subsystems follow the Reliability Block Diagram (RBD) principle:

$$R_{sys} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

This ensures that even if one subsystem fails, the rest can continue operation, thereby increasing overall availability.

Economic Implications and Availability Metrics. From an operational standpoint, the Availability (A) of an inverter system is given by:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

where, MTBF is mean time between failures, MTTR is mean time to repair.

Predictive analytics and improved maintenance reduced MTTR by 38%, raising system availability from 88.4% to 96.1%—vital for meeting PPAs. Advancements in Digital Twin (DT) and IoT technologies now enable real-time inverter reliability management. DTs simulate inverter behavior using real-time sensor data, allowing fault prediction and testing without affecting physical systems. Integrated with IoT-based SCADA systems and machine learning models like LSTM or GRU, DTs enhance anomaly detection, generate realistic training data, and improve Root Cause Analysis accuracy by 30%, while reducing false alarms by 20%. This smart ecosystem boosts reliability, extends inverter lifespan, and lowers operational costs.

Conclusion. This study explored the key factors affecting the reliability of centralized inverters in large-scale solar power plants by categorizing them into environmental, operational, design, and maintenance domains. Operational and environmental factors—such as grid instability, overheating, and dust accumulation—were found to be the leading causes of failure. Using correlation analysis and LSTM-based predictive models trained on real-time sensor data, the study demonstrated how early detection of component degradation could extend Remaining Useful Life (RUL) by 2.8 years and increase system availability from 88.4% to 96.1%.

Additionally, the integration of digital twin (DT) technologies and IoT-based monitoring systems was shown to further enhance inverter management. DTs provide a virtual simulation platform for testing fault scenarios and maintenance strategies without affecting physical equipment. When combined with machine learning, these systems support real-time diagnostics, reduce false alarms, and improve root cause analysis accuracy. Such cyber-physical architectures are essential for improving inverter reliability, reducing maintenance costs, and ensuring performance in diverse and challenging environments.

References

1. Salas V. Reliability of large-scale PV plants and PV inverters // PV Tech. – 2016. – URL: <https://www.pv-tech.org/technical-papers/reliability-of-largescale-pv-plants-and-pv-inverters/> (дата обращения: 18.06.2025).
2. Smith J., Johnson R. 2024 Photovoltaic Inverter Reliability Workshop Summary Report / National Renewable Energy Laboratory (NREL). – 2024. – URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/90315.pdf> (дата обращения: 18.06.2025).
3. Andersen M., Eriksson T. Improving performance of PV plants by predicting failures / DNV. – 2021. – URL: <https://www.dnv.com/research/review-2021/featured-projects/predictive-maintenance-for-solar-pv-plants/> (дата обращения: 18.06.2025).
4. Rodriguez L., Silva M. Solar Inverter Failures: Causes, Consequences, and Impact on Energy Output / Enlita. – 2022. – URL: <https://www.enlita.com/resources-blog-post/solar-inverter-failures-causes-consequences-and-impact-on-energy-output> (дата обращения: 18.06.2025).
5. Ivanov A., Kuznetsov P. Predictive Maintenance for Smart Warranty Service of PV Inverters / Neurons Lab. – 2023. – URL: <https://neurons-lab.com/article/predictive-maintenance-for-smart-warranty-service-of-pv-inverters/> (дата обращения: 18.06.2025).
6. Nelson T. Introduction to Photovoltaics Failure Analysis and Reliability / OSTI. – 2018. – URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1426870> (дата обращения: 18.06.2025).
7. Lee H., Wang Z. Impact of inverter capacity on the performance in large-scale photovoltaic power plants // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117306901> (дата обращения: 18.06.2025).
8. Fernandez J., Wu C. Identifying Critical Failures in PV Systems Based on PV Inverters // Energies. – 2024. – Vol. 17, No. 18. – Article 4738. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/18/4738> (дата обращения: 18.06.2025).
9. Santos D., Becker F. Review of forecasting methods to support photovoltaic predictive maintenance // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2022. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790822000659> (дата обращения: 18.06.2025).
10. Yilmaz R., Chen Y. Reliability and Criticality Analysis of a Large-Scale Solar Photovoltaic System // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, No. 5. – Article 4609. – URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4609> (дата обращения: 18.06.2025).
11. Singh V., Patel R. Root cause analysis for inverters in solar photo-voltaic plants // Engineering Failure Analysis. – 2020. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630720304441> (дата обращения: 18.06.2025).
12. Miller S., Zhang H. Machine learning for predictive maintenance in large-scale PV plants // PV Magazine. – 2023. – URL: <https://www.pv-magazine.com/2023/10/25/using-machine-learning-for-predictive-maintenance-in-large-scale-pv-plants/> (дата обращения: 18.06.2025).

Ж.Т. Галбаев¹, А.Г. Саидходжаев², Б.Б. Холыхматов²

¹И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

²И.А.Каримова атындагы Ташкент мамлекеттик техникалык университети,
Ташкент, Ўзбекстан

¹КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

²Ташкентский государственный технический университет им. И.А.Каримова,
Ташкент, Узбекистан

J.T. Galbaev¹, A.G. Saidkhodjaev², B.B. Kholikhmatov²

¹ Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic

²Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov, Tashkent, Uzbekistan
xolixmatov.b22@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНЫХ НАГРУЗОК СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

ШААРЛАРДЫН ЭЛЕКТРМЕНЕН КАМСЫЗ КЫЛУУ СИСТЕМАСЫНЫН ЖАЛПЫ ЖҮКТӨМӨЛӨРҮН АНЫКТОО МЕТОДИКАСЫН ЖАНА ЫКМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY AND METHOD FOR DETERMINING THE TOTAL LOADS OF URBAN POWER SUPPLY SYSTEMS

Бул макалада шаардык электр менен камсыздоо системаларындагы электр жүктөрүн эсептөө тактыгын жогорулатуу боюнча актуалдуу маселелер каралат. Ар түрдүү керектөөчүлөр категориялары үчүн типтүү суткалык электр энергиясын керектөө графиктеринин негизинде жыйынтык эсептик жүктөмөнү аныктоонун өркүндөтүлгөн методикасы сунушталат. Бул метод бир учурда колдонуу коэффициенттерин (эмпирикалык) колдонуу зарылдыгын жокко чыгарып, 48 жарым сааттык интервал боюнча жүктөрдү кошуу ыкмасына негизделет, бул ар бир абоненттин убакыт боюнча максималдуу жүктөмдөрүн так эсепке алууга мүмкүндүк берет. Мындан тышкары, интервалдык ыкманы колдонуу жүктөмдүн ыктымалдуу жогорку жана төмөнкү чектеринин тактыгына $\pm 5\%$ тен ашпаган ката менен баа берүүгө шарт түзөт. Иштеп чыккан ыкма атайын компьютердик программалык камсыздоонун жардамы менен ишке ашырылган, бул эсептөөлөрдү автоматташтырууну жана шаардык электр тармактарын долбоорлоонун натыйжалуулугун кыйла жогорулатууну камсыз кылат. Сунушталган методика келечектеги пландаштырууга жана электр энергиясын керектөөнүн 10 жылдык өсүшүн эске алууга багытталган.

Түйүндүү сөздөр: электр жүктөмү, күнүмдүк жүктөө графиги, жалпы жүк, шаардык электр менен жабдуу тутуму, эсептелген жүк, интервалдык ыкма, эсептөөлөрдү автоматташтыруу, программалык камсыздоо, энергияны керектөөнү болжолдоо, келечектүү пландаштыруу.

В данной статье рассматриваются актуальные вопросы повышения точности расчётов электрических нагрузок в городских системах электроснабжения. Предложена усовершенствованная методика определения суммарной расчётной нагрузки на основе типовых суточных графиков потребления электроэнергии различных категорий

потребителей. Метод исключает необходимость использования эмпирических коэффициентов одновременности и основан на суммировании нагрузок по 48 получасовым интервалам, что позволяет более точно учитывать временные максимумы каждого абонента. Кроме того, внедрение интервального подхода обеспечивает определение верхних и нижних границ вероятностной нагрузки с погрешностью не более $\pm 5\%$. Разработанный способ реализован с применением специализированных программных продуктов ЭВМ, что обеспечивает автоматизацию расчётного процесса и значительное повышение эффективности проектирования городских электрических сетей. Представленная методика ориентирована на перспективное планирование и учёт роста энергопотребления в горизонте 10 лет.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, суточный график нагрузки, суммарная нагрузка, городская система электроснабжения, расчётная нагрузка, интервальный метод, автоматизация расчётов, программное обеспечение, прогнозирование энергопотребления, перспективное планирование.

This paper addresses the urgent issue of improving the accuracy of electric load calculations in urban power supply systems. An advanced methodology is proposed for determining the total design load based on typical daily load profiles of various consumer categories. The method eliminates the need for empirical simultaneity coefficients and is based on summing loads across 48 half-hour intervals, allowing for precise consideration of each consumer's time-specific maximum demand. Additionally, the implementation of an interval-based approach enables the determination of upper and lower bounds of the probabilistic load range with an error margin of no more than $\pm 5\%$. The proposed method is implemented using specialized computer software, ensuring full automation of the calculation process and significantly improving the efficiency of urban network design. The methodology is tailored for long-term planning and takes into account projected growth in energy consumption over a 10-year horizon.

Keywords: electrical load, daily load profile, total load, urban power supply system, design load, interval method, calculation automation, software tools, energy consumption forecasting, long-term planning.

В условиях стремительной урбанизации, цифровизации и роста энергопотребления различных секторов — бытового, промышленного, коммерческого и коммунального — надёжность систем электроснабжения городов становится одной из ключевых задач современной энергетики. Для обеспечения устойчивой и эффективной работы таких систем необходимо точно определять суммарные электрические нагрузки, учитывать их временные колебания, сезонность и технологические особенности. Существующие методы, как правило, приближённые и не обеспечивают необходимой точности для оперативного управления и долгосрочного планирования. Особенно остро стоит вопрос в связи с внедрением возобновляемых источников энергии и развитием «умных городов». Разработка научно обоснованной методики и способа определения суммарных нагрузок позволит повысить точность проектирования городских электросетей, оптимизировать режимы их работы, снизить потери энергии и эксплуатационные расходы, а также создать условия для цифрового моделирования и автоматизации [1,2].

Расчет электрических нагрузок на трансформаторном пункте (ТП), распределительном пункте (РП), главной районной подстанции (ГРП), и линиях 0,38-6-10 кВ системы электроснабжения следует производить на основе типовых суточных графиков электрических нагрузок по каждому получасовому или часовому периоду, (48 – 24 варианта), путём наложения суточных графиков потребителей, входящих в эту сеть.

Таблица 1 – Определение суммарной электрической нагрузки ТП

Время час	I	Жилые дома		Дет.сад		Кинотеатр		Пром. магазин		Итого по ТП-1	
		Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
		кВт	%	кВт	%	кВт	%	кВт	%	кВт	%
0-00	1	37,7	33,4	15,93	9,1	16,7	19,3	2,3	8,9	72,6	22,7
1-00	2	22,7	20,1	15,93	9,1	14,6	16,8	2,3	8,9	55,5	17,4
2-00	3	17,6	15,6	15,93	9,1	14,2	16,4	2,3	8,9	50,1	15,7
3-00	4	20,4	18,1	15,93	9,1	13,1	15,1	2,3	8,9	51,7	16,2
4-00	5	20,4	18,1	15,93	9,1	13,1	15,1	2,3	8,9	51,7	16,2
5-00	6	20,4	18,1	42,42	24,2	13,1	15,1	2,3	8,9	37,9	11,9
6-00	7	20,4	18,1	63,63	36,4	13,1	15,1	2,3	8,9	99,4	31,1
7-00	8	38,3	33,95	100,8	57,6	13,7	15,9	2,3	8,9	155,1	48,5
8-00	9	45,8	40,5	100,8	57,6	14,0	16,2	2,3	8,9	162,9	50,9
9-00	10	33,9	30,1	42,42	24,2	20,5	23,7	11,0	42,9	107,9	33,8
10-00	11	38,6	34,2	90,14	51,5	60,7	70,0	13,6	53,1	203,0	63,5
11-00	12	49,7	44,1	175	100	81,4	93,9	13,6	53,1	319,7	100
12-00	13	54,9	48,7	82,2	47,0	80,8	93,3	13,6	53,1	231,6	72,5
13-00	14	48,3	42,8	47,7	27,3	83,9	96,9	13,6	53,1	153,6	48,1
14-00	15	51,5	45,7	145,8	83,3	83,2	96,0	15,5	60,2	296,1	92,6
15-00	16	49,8	44,1	47,7	27,3	83,4	96,3	24,4	95,1	205,4	64,2
16-00	17	47,5	42,1	95,5	54,5	81,7	94,2	24,8	96,5	249,4	78,0
17-00	18	59,5	52,7	63,6	36,4	79,3	91,5	25,2	98,2	227,6	71,2
18-00	19	57,1	50,6	37,1	21,2	81,2	93,7	25,7	100,0	201,1	62,9
19-00	20	76,8	68	42,4	24,2	86,7	100	25,4	99,0	231,3	72,3
20-00	21	99,8	88,4	37,1	21,2	82,1	94,7	16,8	65,4	235,8	73,7
21-00	22	112,9	100	21,2	12,1	70,8	81,6	6,8	26,6	211,7	66,2
22-00	23	105	94,3	15,9	9,1	39,4	45,5	2,3	8,9	162,6	50,9
23-00	24	83,2	73,7	15,9	9,1	21,9	25,3	2,3	8,9	123,3	38,6

Наиболее точно суммарный, полученный максимум нагрузки за полчаса или час будет самой достоверной и оптимальной расчетной нагрузкой ТП, РП, ГРП системы электроснабжения города, без всяких коэффициентов участия в максимуме и коэффициента совмещения и т.п., которые увеличивают погрешность расчетов. Искомую величину суммарной электрической нагрузки находят как наибольшую из сочетаний, рассчитанных из 48 или 24 вариантов нагрузок по каждому промежутку суточного графика электрических нагрузок потребителей, входящих в эту электросеть. В результате расчет получается точным и более достоверным, ближе к реальной нагрузке и с учетом особенностей изменения режима нагрузки, фактора времени собственного максимума нагрузки каждого электропотребителя, входящего в эту электрическую сеть системы электроснабжения города. Выше представлена таблица 1 определения суммарной нагрузки ТП-1, на основе сложения по каждому часу суточных графиков всех потребителей, питающихся от ТП-1.

Суммарную электрическую нагрузку ТП, РП, ГРП и т.д. определяем суммированием суточных графиков каждого потребителя, входящих в эту сеть, по каждому получасу или часу (48 или 24 варианта). Независимо от количества электропотребителей, входящих в эту электрическую сеть, определяют как наибольшую по значению нагрузку из всех получасовых периодов, типовых суточных графиков с максимумом электрических нагрузок в получасовом или часовом интервале времени (48 или 24 вариантов).

Зная расчётную нагрузку каждого потребителя, подключённого к трансформаторной подстанции (ТП), распределительному пункту (РП) или газораспределительному пункту (ГРП), вне зависимости от их количества, можно произвести точное определение суммарной

нагрузки без применения приближений или эмпирических коэффициентов. Для этого используется методика, основанная на типовых (характерных) суточных графиках электропотребления. Суть метода заключается в следующем: по каждому из потребителей формируется 48 получасовых значений нагрузки, соответствующих одному полному суткам. Далее производится поэлементное сложение этих значений для всех потребителей на каждом интервале в 30 минут. В результате получается совокупный суточный график нагрузки для всей подстанции или распределительного пункта, состоящий также из 48 значений. Максимальное значение из полученной совокупности и принимается в качестве суммарной расчётной нагрузки ТП, РП или ГРП на рассматриваемые сутки. Такой подход исключает необходимость применения коэффициентов одновременности, спроса или прочих поправочных величин, а также минимизирует вероятность расчётных ошибок. Он основан на реальных или статистически обоснованных графиках потребления и обеспечивает высокую точность при расчётах электрических нагрузок для проектирования, моделирования и эксплуатации энергосистем. Ссылки на исследования и нормативные источники, подтверждающие эффективность данного подхода, приведены в работах [3,7].

Расчётная суммарная нагрузка неоднородных потребителей жилых и общественных зданий на напряжении 0,38 кВ является единичной расчётной нагрузкой на ТП или РП при напряжении 6-10 кВ, а расчётная суммарная нагрузка городских сетей 6-10 кВ является исходной расчётной нагрузкой для системы электроснабжения города с напряжением 35-110 кВ. Сложение активных мощностей необходимо производить согласно вероятностно-статистической методике расчета электрических нагрузок по формулам:

$$\bar{P}_{\Sigma i} = C_{i1} \bar{P}_1 + C_{i2} \bar{P}_2 + C_{i3} \bar{P}_3 + \dots + C_{in} \bar{P}_n = \sum_{i=1}^n C_i \bar{P}_i, \quad (1)$$

$$\sigma_{\bar{P}_i} = \sqrt{C_{i1}^2 \sigma_{P_1}^2 + C_{i2}^2 \sigma_{P_2}^2 + \dots + C_{in}^2 \sigma_{P_n}^2}$$

где: C_i – коэффициенты распределения схем;

\bar{P}_i – математическое ожидание нагрузки i -го потребителя;

$\sigma_{\bar{P}_i}$ – среднеквадратическое отклонение нагрузки i -го потребителя.

Числовые характеристики полной нагрузки будут равны:

а) математическое ожидание

$$\bar{S} = \sqrt{\bar{P}^2 + \bar{Q}^2} \quad (2)$$

б) среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_{\bar{S}} = \sqrt{\cos^2 \varphi \sigma_{\bar{P}}^2 + \sin^2 \varphi \sigma_{\bar{Q}}^2}. \quad (3)$$

При определении суммарной нагрузки неоднородных потребителей для каждого рассчитываемого часа используются следующие выражения:

а) математическое ожидание

$$\bar{S}_{\Sigma} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \bar{P}_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \bar{Q}_i \right)^2} \quad (4)$$

б) среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_{\bar{S}_{\Sigma}} = \sqrt{\cos^2 \varphi_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \sigma_{P_i}^2 + \sin^2 \varphi_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \sigma_{Q_i}^2}. \quad (5)$$

Преимущество предлагаемого метода заключается в его высокой точности и достоверности при определении расчётных нагрузок в электрических сетях. В отличие от традиционных подходов, основанных на применении усреднённых коэффициентов или нормативных допущений, данный метод использует поминутно или почасово

детализированные данные — в 48 получасовых или 24 часовых интервалах в течение суток. Такой подход позволяет учитывать индивидуальный максимум нагрузки каждого отдельного потребителя, входящего в соответствующую сеть, и тем самым формировать более реалистичную и репрезентативную картину суммарного энергопотребления. Расчёт осуществляется с использованием разработанных программных продуктов (трёх специализированных программ ЭВМ), что не только автоматизирует процесс, но и обеспечивает его воспроизводимость, наглядность и адаптивность к различным конфигурациям сетей. В результате, суммарная расчётная нагрузка определяется с высокой степенью соответствия фактическим эксплуатационным условиям, что особенно важно при проектировании, оптимизации и управлении современными распределительными электросетями [4,5].

Таким образом, поставленная задача решается за счёт применения способа определения максимальной электрической нагрузки сети, основанного на измерении нагрузок отдельных установок, входящих в состав электрической сети, в различных технологических режимах их работы. При этом проводится не только фиксация индивидуальных нагрузок, но и суммарная оценка нагрузки системы в каждый из этих режимов. Максимальная нагрузка определяется как наибольшее значение электрической нагрузки, зафиксированное среди всех измеренных интервалов времени. Расчёт осуществляется на основе типовых суточных графиков электрических нагрузок с временным разрешением в 30 минут. Такой подход, основанный на теории вероятностей, позволяет получить статистически обоснованную и физически корректную оценку максимума нагрузки.

Суммарную электрическую нагрузку находят путём наложения и выбирают наибольшую из вариантов измеренных нагрузок по каждому промежутку суточного графика электропотребителей, входящих в эту электрическую сеть. Наиболее точно суммарная смешанная нагрузка определяется на вводе здания, трансформаторной подстанции (ТП), распределительном пункте (РП), главной понизительной подстанции (ГПП), на основе характерных (типовых) суточных графиков нагрузки потребителей, входящих в эту электрическую сеть. Для каждого временного промежутка (30, 60 мин) суточного графика, начиная с нуля часов, находят наибольшую из сочетаний вариантов измеренных нагрузок. Зная номинальную мощность с вероятностью 0,7- 0,9, определяем расчетную нагрузку, которая отражает реальные расчетные электрические нагрузки без всяких коэффициентов совмещения максимумов $K_{см}$ и коэффициентов участия в максимуме $K_{уч. Макс}$ и др.

Преимущество предлагаемого нового метода заключается, прежде всего, в его высокой точности при определении расчётных нагрузок, а также в достоверном отражении реальных, суммарных нагрузок, возникающих в городских электрических сетях. В отличие от традиционных методик, в которых применяются укрупнённые нормативные коэффициенты спроса, одновременности и использования, данный подход базируется на реальных типовых суточных графиках потребления и на вычислении значений нагрузок по 48 получасовым (или 24 часовым) интервалам. Это позволяет учитывать индивидуальный максимум каждого потребителя в течение суток и исключает необходимость использования приближений, приводящих к искажению результатов.

Дополнительным преимуществом метода является то, что процесс расчёта полностью автоматизирован с использованием средств вычислительной техники. Разработанное программное обеспечение позволяет инженеру производить расчёт нагрузок в режиме реального времени, включая формирование совокупных графиков, выявление пиковых значений, построение аналитических зависимостей и сравнений для различных режимов работы сети. Это открывает новые возможности как в проектировании новых систем электроснабжения, так и при оптимизации и модернизации существующих [6].

Применение персональных компьютеров и специализированных программных продуктов в расчётах и проектировании систем электроснабжения жилых, общественных и

административных зданий обеспечивает значительный экономический и организационный эффект, заключающийся в следующем:

Существенное сокращение сроков проектирования. Благодаря автоматизации расчётных процедур и оптимизации рутинных операций, проектировщик может в сжатые сроки получить необходимые расчётные данные, адаптировать проект под изменяющиеся условия и требования, а также быстрее согласовывать документацию. Это особенно актуально в условиях ускоренного темпа строительства и реконструкции городской инфраструктуры.

Возможность использования более современных и эффективных технических решений. Ускорение этапа расчётов даёт возможность своевременно встраивать в проект новые типы оборудования, учитывать инновационные схемы электроснабжения, гибкие сети (Smart Grid), автоматические системы учёта и контроля, что ранее было затруднено из-за временных ограничений и громоздкости ручных методов расчёта.

Снижение влияния человеческого фактора и повышение качества проектной документации. Исключается необходимость выполнения механической и повторяющейся работы вручную. Это освобождает квалифицированных специалистов для решения более творческих задач, повышает точность расчётов, минимизирует вероятность ошибок, возникающих при ручном вводе данных, и, как следствие, значительно улучшает итоговое качество проектной документации [8,9].

Рост производительности труда в проектных организациях. Один инженер может выполнять объём работы, ранее требовавший усилий нескольких сотрудников. Это особенно важно в условиях ограниченных трудовых ресурсов и необходимости выполнения нескольких проектов параллельно.

Снижение расчётных и эксплуатационных затрат. За счёт точного определения максимальных нагрузок и моделирования различных схем электроснабжения с возможностью сравнения их эффективности, можно выбрать наиболее рациональную и экономически выгодную конфигурацию. В результате проект не только лучше адаптирован к условиям эксплуатации, но и требует меньших инвестиций как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации (меньшее количество трансформаторов, оптимальный сечение кабелей, сокращение потерь и пр.).

Создание базы для внедрения цифровых двойников энергетических объектов. Использование детализированных расчетов и цифровых моделей закладывает основу для создания цифровых двойников электрических сетей, что особенно актуально в контексте концепции «умного города» и перехода к цифровому управлению энергетикой.

Таким образом, внедрение предложенного метода и соответствующего программного обеспечения не только модернизирует существующую практику проектирования и расчёта систем электроснабжения, но и обеспечивает переход на новый, качественный уровень инженерного обеспечения городских энергетических систем — более точный, быстрый, экономически эффективный и устойчивый к изменениям.

Нами разработана модель для воспроизводства аналитических кривых изменения нагрузки за максимальные сутки, на основе многолетних экспериментальных исследований, в результате чего разработан практически полный набор характерных (типовых) суточных графиков электрических нагрузок, на основе которого предложен способ определения суммарной неоднородной нагрузки для распределительного трансформатора, установленного в микрорайоне.

При проектировании электрических сетей, в частности при выборе сечения линий электропередачи по условию нагрева и при расчёте мощности трансформаторов, необходимо учитывать не только максимальные значения нагрузки, но и форму суточного графика её изменения. Это связано с тем, что тепловое воздействие на проводники и оборудование определяется не мгновенным значением тока, а накопленным тепловым эффектом, возникающим в результате длительного прохождения переменного тока.

В связи с этим переменный по времени график нагрузки должен быть приведён к эквивалентной по нагреву постоянной (длительной) расчётной нагрузке. Расчётная нагрузка в данном случае определяется как такая неизменная нагрузка, тепловое воздействие от которой на элементы сети (кабели, трансформаторы и т.п.) будет эквивалентно воздействию фактической переменной нагрузки за тот же период времени. Этот подход позволяет обеспечить корректный выбор оборудования и его эффективную работу в реальных эксплуатационных условиях, исключая недогруз или перегрев.

Кроме того, при расчёте электрических сетей районов города необходимо учитывать не только текущую потребность всех подключённых потребителей, но и перспективу развития района на ближайшие 10 лет. Это включает рост жилой и коммерческой застройки, развитие промышленности, транспорта, социальной инфраструктуры, а также внедрение новых энергоемких технологий (например, зарядных станций для электромобилей, тепловых насосов, систем кондиционирования и т.д.).

Согласно действующим нормативным подходам и многолетней статистике развития городских систем электроснабжения, принято считать, что расчётные нагрузки должны быть достигнуты в течение 10-летнего горизонта планирования. После этого возможна реконструкция или модернизация сети. Практический опыт показывает, что за 10 лет общая электрическая нагрузка в районе, как правило, увеличивается в 2 раза, что необходимо учитывать при расчёте сечений кабелей, выборе трансформаторного оборудования и планировании резерва по мощности.

Таким образом, соблюдение принципов тепловой эквивалентности нагрузки, а также долгосрочного прогнозирования роста потребления является обязательным условием для обеспечения надёжности, экономичности и гибкости городской системы электроснабжения.

С переходом к рыночной экономике существенно изменился порядок разработки и проектирования новых коммунально-бытовых и промышленных объектов в городах. Гибкость подходов, разнообразие форм собственности, а также ускоренные темпы урбанизации и изменения структуры энергопотребления привели к необходимости пересмотра традиционных методов расчёта электрических нагрузок.

Применение устаревших методик, основанных на усреднённых нормативных коэффициентах и укрупнённых подходах, оказалось недостаточно точным. Одним из ключевых недостатков традиционного метода является его неспособность учитывать временной сдвиг индивидуальных максимумов потребления у разных категорий абонентов. В реальных условиях максимум нагрузки наступает в разное время суток: в детских учреждениях он приходится на утренние часы, в объектах общественного питания — на дневное время, а в жилых домах — на вечерние часы. Игнорирование этих особенностей приводит к искажению расчётных значений суммарной нагрузки и может вызывать как перегрузку отдельных элементов сети, так и перерасход ресурсов при проектировании.

Для устранения этих недостатков предлагается использование детализированных типовых суточных графиков потребления для различных категорий потребителей. На их основе формируется суммарный график электрической нагрузки, который строится по каждому иерархическому уровню системы электроснабжения — от трансформаторной подстанции (ТП) и распределительного пункта (РП) до районной подстанции. Такой подход позволяет учитывать не только структуру потребления, но и временные характеристики нагрузки, приближая расчёты к реальным условиям эксплуатации.

Кроме того, применение интервального метода расчёта, основанного на вероятностной оценке значений нагрузки, даёт возможность определить доверительный диапазон изменения суммарной нагрузки. Определяются её верхние и нижние границы, в пределах которых с высокой вероятностью (например, 95%) будет находиться реальное значение. Проведённые расчёты показывают, что при правильном построении и использовании типовых графиков, погрешность определения расчётной нагрузки не превышает $\pm 5\%$, что соответствует современным требованиям точности в электроэнергетике.

Таким образом, интеграция интервального подхода и типовых суточных графиков в методику расчета электрических нагрузок позволяет обеспечить более надёжное проектирование систем электроснабжения, соответствующее реалиям рыночной экономики и изменяющимся условиям потребления

Список литературы

1. Солдусова, Е.О. Исследование режимов распределительной сети при проектировании перспективных систем электроснабжения городов [Текст] / Е.О. Солдусова, А.В. Проничев, А.А.Казанцев. – 2018.
2. Таваров, С.Ш. и др. Метод прогнозирования и расчёта электрической нагрузки коммунально-бытовых потребителей в условиях неопределённости [Текст] / С.Ш. Таваров, и др. / iPolytech Journal. – 2023. - т. 27. - № 3. - с. 565–573.
3. Саидходжаев, А.Г. Способ определения максимальной электрической нагрузки электрической сети и способ определения максимальной электрической нагрузки отдельных электропотребителей [Текст] / А.Г. Саидходжаев, Б.М. Тешабаев // Патент № IAP 04216 (IAP 20060404), 2010. 1-8 с.
4. Козлов, В.А. Методика технико-экономических расчетов городских кабельных сетей [Текст] / В.А. Козлов // Электричество. – 1954. - №5.
5. Куделина, С.А. Анализ расчета электрических нагрузок общественных зданий систем электроснабжения городов [Текст] / С.А. Куделина, Г.В. Шведов // Энергосбережение теория и практика. – 2020. – С. 142-145.
6. Демиденко, А.С. Анализ электропотребления квартиры и жилого здания в системах электроснабжения городов [Текст] / А.С. Демиденко и др. // Организационный комитет. – 2022. – С. 145.
7. Захидов, Р.А. Определение электрических нагрузок в современных жилых и общественных зданиях [Текст] / Р.А. Захидов, А.Ш. Арифжанов, А.Г. Саидходжаев, А.А. Арифжанов // Сборник материалов 1 Всероссийской научно-практической конференции “Энергетика и энергосбережение. Теория и практика”. - Кемерово: КузГТУ, 2014 - 5 с.
8. Войнова, Н.Ф. Эталонная система электроснабжения города [Текст] / Н.Ф. Войнова, Т.А. Мамедкурбанов // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный заочный университет. –Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2022.–172 с. – 2022. – С. 139.
9. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] / Г.Н. Ополева. / Высшее образование. - 2016. – 416 с.

**И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК
УНИВЕРСИТЕТИНИН ЖАРЧЫСЫ**

Теориялык жана колдонмо илимий-техникалык журнал

2025 №3 (75)

**ИЗВЕСТИЯ КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. И. РАЗЗАКОВА**

Теоретический и прикладной научно-технический журнал

2025 №3 (75)

THE BULLETIN OF I. RAZZAKOV KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY

theoretical and applied scientific technical journal

Редакторы Ж.А. Кожомамбетова, А.Б.Аманкулова

Тех. редактор М.М.Черикбаев

Подписано к печати 01.09.2025г. Формат бумаги 60х84 1/8. Бумага офс. Печать цифр. Объем
38,75. Тираж 100 экз. Отпечатано в ОсОО ИД «Калем», г.Бишкек,
ул. Курчатова, 69 т. 0551-797-914, E-mail: kalem14@mail.ru www.kalem.com.kg