

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРЛИГИ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИНИН МАГИСТРАНТАРЫ МЕНЕН СТУДЕНТТЕРИНИН  
ИЛИМИЙ ЭМГЕКТЕРИ**

**ISSN 1694-884X**

**ТОМ - XV**



**БИШКЕК - 2026**

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ**

**МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. И.РАЗЗАКОВА**

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**



ISSN 1694-884X (print)

**ИСХАК РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ  
КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК  
ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИНИН  
МАГИСТРАНТТАРЫ МЕНЕН  
СТУДЕНТТЕРИНИН ИЛИМИЙ  
ЭМГЕКТЕРИ**

Теориялык жана илимий-техникалык  
колдонмо журналы

15 том №1  
2026-жыл

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](mailto:journal@kstu.kg)

Күбөлүктүн номуру №10335, 10 ноябрь, 2023-жыл

Журнал жылына 4 жолу чыгат  
Журнал 2023-жылдан бери чыгат

Басууга 01.04. 2026-ж. кол коюлду.

Журнал электрондук форматта чыгат

**Башкы редактор: Б.Т. Торобеков**, техника  
илимдеринин доктору, профессор  
Тел.: (312)54-51-39  
Электрондук почтасы: [torobekov@kstu.kg](mailto:torobekov@kstu.kg)

**Башкы редактордун орун басары: А.Р.Абдиев**,  
техника илимдеринин доктору, профессор  
Тел.: (312) 61 07 79  
Электрондук почтасы: [arstanbek.abдиев@kstu.kg](mailto:arstanbek.abдиев@kstu.kg)

**Жооптуу катчы: А.Б.Аманкулова**  
[journal@kstu.kg](mailto:journal@kstu.kg)

РЕДКОЛЛЕГИЯ МҮЧӨЛӨРҮ

**А.Р. Абдиев** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**А.А. Акунов** — т.и.д. (тарых), проф., Кыргызстан  
**С.А. Алымкулов** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**Д.С. Акматбаев** - т.и.д., проф., Астана, Казакстан  
**М.З. Алмаматов** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**У.Аматвалиев** –т.и.д., проф., Дүйшөмбү,  
Тажикстан  
**А.Б. Бакасова** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**Ж.И. Батырканов** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**И.В. Бочкарев** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**У.Н. Бримкулов** — т.и.д., проф., КР УИАнын  
корр.-мүчөсү, Кыргызстан  
**Ж.Т. Галбаев** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**У.Р. Давлятов** — т.и.д., проф., КР УИАнын корр.-  
мүчөсү, Кыргызстан  
**М.Дж. Джаманбаев** — физ.-мат.и. д., проф., КР  
УИАнын корр.-мүчөсү, Кыргызстан  
**М.С. Джуматаев** — т.и.д., проф., КР УИАнын  
академиги, Кыргызстан  
**А.А. Долгушин** — т.и.д., проф., Новосибирск  
мамлекеттик агрардык университети, Россия  
**Т.Б. Дуйшеналиев** — ф.-м.и. д., проф.,  
Кыргызстан  
**К.М. Иванов** — т.и.д., проф., Россия  
**А.С. Иманкулова** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**Г.Дж. Кабаева** — физ.-мат. и. д., проф.,  
Кыргызстан  
**К.Ч. Кожоголов** — т.и.д., проф., КР УИАнын  
академиги, Кыргызстан  
**А.А. Косимов** – т.и.д. доцент, М.С.Осими ат.  
Тажик техникалык университети, Дүйшөмбү,  
Тажикстан  
**Т.Ы. Маткеримов** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**М.М. Мусульманова** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**Л.А. Назарова** — физ.-мат.и.д., Россия илимдер  
академиясынын Сибирь бөлүмү, Россия  
**А.Дж. Обозов** — т.и.д., проф., КР УИАнын корр.-  
мүчөсү, Кыргызстан  
**Н.Д. Рогалев** — т.и.д., проф., Россия  
**А.Б. Салиев** — физ.-мат. и. д., проф., Кыргызстан  
**Р.М. Султаналиева** — физ.-мат. и. д., проф., КР  
УИАнын корр.-мүчөсү, Кыргызстан  
**А.М. Таева** — т.и.д., проф., Алматы  
технологиялык университети, Казакстан  
**Б.Б. Токтосунова** — хим.и. д., проф., Кыргызстан  
**Б.Т. Торобеков** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**Г.Г. Трофимов** – т.и.д. проф., Тель-Авив, Израиль  
**Ж.Ж. Тургумбаев** — т.и.д., проф., Кыргызстан  
**А.С. Уметалиев** — экон. и. д., проф., Кыргызстан

© И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик  
техникалык университети

ISSN 1694-884X (print)

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ МАГИСТРАНТОВ  
И СТУДЕНТОВ КЫРГЫЗСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ ИСХАКА РАЗЗАКОВА**

Теоретический и прикладной  
научно-технический журнал

Том 15 №1 2026 год

Учредитель: Кыргызский государственный  
технический университет им. И. Раззакова  
Адрес редакции: 720044, Кыргызская Республика,  
город Бишкек, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66,  
каб 1/254  
Сайт: [https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-  
kgtu-im-i-razzakova](https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova)  
email:  
[journal@kstu.kg](mailto:journal@kstu.kg)

Журнал зарегистрирован в Министерстве юстиции  
Кыргызской Республики

Свидетельство №10335, 10 ноябрь, 2023-ЖЫЛ

**ISSN 1694-884X**

Подписан в печать 01.04. 2026 г.

Журнал выходит в электронном формате

**Главный редактор: Б.Т.Торобеков**, доктор  
технических наук, профессор

**Тел.:** Тел.: (312)54-51-39

**Электронная почта:** [torobekov@kstu.kg](mailto:torobekov@kstu.kg)

Заместитель главного редактора: **А.Р. Абдиев**,  
доктор технических наук, профессор

Тел.: (312) 61 07 79

**Электронная почта:** [arstanbek.abдиев@kstu.kg](mailto:arstanbek.abдиев@kstu.kg)

**Ответственный секретарь: А.Б.Аманкулова**  
[journal@kstu.kg](mailto:journal@kstu.kg)

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ**

**А.Р. Абдиев** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**А.А. Акунов** — д.ист.н., проф., Кыргызстан  
**С.А. Алымкулов** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**Д.С. Акматбаев** — д.т.н., проф., Астана, Казахстан  
**М.З. Алмаматов** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**У.Аматвалиев** — д.т.н., проф., Душанбе,  
Таджикистан  
**А.Б. Бакасова** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**Ж.И. Батырканов** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**И.В. Бочкарев** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**У.Н. Бримкулов** — д.т.н., проф., чл.-корр. НАН  
КР, Кыргызстан  
**Ж.Т. Галбаев** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**У.Р. Давлятов** — д.т.н., проф., чл.-корр. НАН КР,  
Кыргызстан  
**М.Дж. Джаманбаев** — д.физ.-мат.н., проф., чл.-  
корр. НАН КР, Кыргызстан  
**М.С. Джуматаев** — д.т.н., проф., акад. НАН КР,  
Кыргызстан  
**А.А. Долгушин** — д.т.н., проф., Новосибирский  
государственный аграрный университет, Россия  
**Т.Б. Дуйшеналиев** — д.физ.-мат.н., проф.,  
Кыргызстан  
**К.М. Иванов** — д.т.н., проф., Россия  
**А.С. Иманкулова** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**Г.Дж. Кабаева** — д.ф.-м.н., проф., Кыргызстан  
**К.Ч. Кожоголов** — д.т.н., проф., акад. НАН КР,  
Кыргызстан  
**А.А. Косимов** — д.т.н. доцент, Таджикский  
технический университет имени М.С.Осими,  
Душанбе, Таджикистан  
**Т.Б. Маткеримов** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**М.М. Мусульманова** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**Л.А. Назарова** — д.физ.-мат.н., СО РАН, Россия  
**А.Дж. Обозов** — д.т.н., проф., чл.-корр. НАН КР,  
Кыргызстан  
**Н.Д. Рогалев** — д.т.н., проф., Россия  
**А.Б. Салиев** — д.ф.-м.н., проф., Кыргызстан  
**Р.М. Султаналиева** — д.физ.-мат.н., проф., чл.-  
корр. НАН КР, Кыргызстан  
**А.М. Таева** — д.т.н., проф., Алматинский  
технологический университет, Казахстан  
**Б.Б. Токтосунова** — д.хим. н., проф., Кыргызстан  
**Б.Т. Торобеков** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**Г.Г. Трофимов** — д.т.н., проф., Тель-Авив,  
Израиль  
**Ж.Ж. Тургумбаев** — д.т.н., проф., Кыргызстан  
**А.С. Уметалиев** — д.экон. н., проф., Кыргызстан

ISSN 1694-884X (print)

**PROCEEDINGS OF GRADUATE AND  
UNDERGRADUATE STUDENTS OF  
ISHAK RAZZAKOV KYRGYZ STATE  
TECHNICAL UNIVERSITY**

Theoretical and Applied Scientific and  
Technical Journal

**Vol. 15 №2 2026**

The publisher: Razzakov Kyrgyz State Technical  
University

Editorial office address: 720044, Kyrgyz Republic,  
Bishkek city, No 66 Ch. Aitmatov Ave, room 1/254.

Tel.: +996(312) 54-51-39

**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 №10335; dated 10.11.2023.

The journal has been registered with the Russian  
Science Citation Index since

Journal content is independently reviewed

**Editor-in-Chief:**

**B.T. Torobekov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Ishak Razzakov Kyrgyz State Technical University

Tel.: +996 (312) 54-51-39

E-mail: torobekov@kstu.kg

**Deputy Editor-in-Chief:**

**A.R. Abdiev**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Tel.: +996 (312) 61-07-79

E-mail: arstanbek.abdiev@kstu.kg

**Executive Secretary:**

**A.B. Amankulova**

E-mail: journal@kstu.kg

**EDITORIAL BOARD**

**A.R. Abdiev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**A.A. Akunov**, Dr. Sci. (History), Professor, Kyrgyzstan

**S.A. Alymkulov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**D.S. Akmatbayev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Astana,  
Kazakhstan

**M.Z. Almatov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**U. Amatvaliev**, Dr. Sci. (Tech.), Dushanbe, Tajikistan

**A.B. Bakasova**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**Zh.I. Batyrkanov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Kyrgyzstan

**I.V. Bochkarev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**U.N. Brimkulov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Corresponding Member of NAS KR, Kyrgyzstan

**Zh.T. Galbaev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**U.R. Davlyatov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Corresponding Member of NAS KR, Kyrgyzstan

**M.J. Jamanbaev**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,

Corresponding Member of NAS KR, Kyrgyzstan

**M.S. Jumataev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Academician  
of NAS KR, Kyrgyzstan

**A.A. Dolgushin**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Novosibirsk  
State Agrarian University, Russia

**T.B. Duishenaliyev**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,  
Kyrgyzstan

**K.M. Ivanov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Russia

**A.S. Imankulova**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**G.J. Kabaeva**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,  
Kyrgyzstan

**K.Ch. Kozhogulov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Academician of NAS KR, Kyrgyzstan

**A.A. Kosimov**, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
Tajik Technical University named after M.S. Osimi,  
Dushanbe, Tajikistan

**T.Y. Matkerimov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Kyrgyzstan

**M.M. Musulmanova**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Kyrgyzstan

**L.A. Nazarova**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,  
Siberian Branch of RAS, Russia

**A.J. Obozov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Corresponding  
Member of NAS KR, Kyrgyzstan

**N.D. Rogalev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Russia

**A.B. Saliev**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Kyrgyzstan

**R.M. Sultanaliyeva**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,  
Corresponding Member of NAS KR, Kyrgyzstan

**A.M. Tayeva**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Almaty  
Technological University, Kazakhstan

**B.B. Toktosunova**, Dr. Sci. (Chem.), Professor,  
Kyrgyzstan

**B.T. Torobekov**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kyrgyzstan

**G.G. Trofimov**– Dr. Sci. (Tech.), Professor, Tel Aviv,  
Israel

**Zh.Zh. Turgumbaev**, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Kyrgyzstan

**A.S. Umetaliyev**, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Kyrgyzstan

The journal is published quarterly.

All submissions to the Editorial Board undergo independent  
peer r

## СОДЕРЖАНИЕ

### АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Матозимов Б. С., Кожокматова З.С., Бакаев Д.Н., Тюлялиев Р.А.</b> Современные методы зимнего бетонирования в строительстве конструкций жилых зданий.....	6
<b>Токторалиев Э.Т., Абдыкадыров С.Ж., Аскарбеков А.А., Жумаев Н.В.</b> Анализ напряженно-деформированного состояния строительных конструкций .....	13
<b>Токторалиев Э.Т., Бактыбеков А.Б., Бегалиев А.Н., Джамбаева И.А., Макеев И.М.</b> Анализ многоуровневого проектирования в современной теории сейсмостойкости.....	21
<b>Муканбет кызы Э., Нурлан кызы А., Рахматов Д.А., Саяков Н.М., Суховольский А.Н.</b> Особенности расчёта и проектирования сейсмостойких сооружений.....	29
<b>Муканбет кызы Э., Бекболова А.Ж., Айткулов Б.Н., Абдыкеримов М.</b> Методика расчета усиления железобетонной конструкции с применением нелинейной деформационной модели .....	35
<b>Назарбеков К.Т., Кенешов Т.С.</b> Градостроительный анализ сложившейся системы расселения в Нарынской области.....	41
<b>Усенов С.Д., Аширалиева Э.Д., Жунусали к А.</b> Основные исторические этапы развития туризма в Кыргызской Республике.....	49
<b>Манатова А.А., Омуралиев Д.Д.</b> Проектирование, строительство и исследование архитектуры пространства придорожных комплексов .....	54
<b>Манатова А.А., Омуралиев Д.Д.</b> Проблемы формирования архитектуры, строительства объектов придорожного комплекса с учетом этно-культурных особенностей кыргызстана в последние 30 лет.....	62

### ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ

<b>Абдукахар уулу Б., Тажиудинов А.З., Шерипов Д.У., Мырзабаев Н.Н.</b> Исследование технологии обновления тематических кадастровых карт в системе координат Кург-06.....	68
<b>Имангалиева Р.Д., Исмаилова Ч.Ы., Абдукахар уулу Б., Тажиудинов А.З., Шерипов Д.У.</b> Геодезические работы при постановке участка на кадастровый учет на примере города Каракол.....	75
<b>Сабырова Э.М., Дыйканбаев Т.Б., Таалайбекова М.А. Темирбекова Э.Ж., Эргешбаева К.Т.</b> Мониторинг роста городской застройки и трансформации земель с использованием ГИС (на примере города Бишкек) .....	80

### ГОРНОЕ ДЕЛО

<b>Туголбаев Д.О., Хусаинова Р.Ю.</b> Теоретические и технологические основы процесса выщелачивания золота из кварцевых руд.....	93
<b>Алмакучукова Г.М., Кемелбек у К.</b> Технологические решения при применении бактериального выщелачивания золота.....	101

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Акунжанова Н.Ш.</b> Основные тенденции в управлении спектром для новых технологий в Кыргызской Республики.....	107
<b>Кызалаков А.Т., Ашымова А.Ж.</b> Обеспечение безопасности конфиденциальных данных GITLAB при помощи хранилища секретной информации HASHICORP VAULT.....	113
<b>Молдоканов М. К., Сагымбаев А.А.</b> Межсетевые экраны и системы обнаружения (IDS), и предотвращения вторжений (IPS).....	120

<b>Жакыпова Ж.Ж., Карымшаков А.К.</b> Интеграция современных цифровых технологий в систему дистанционного мониторинга сахарного диабета.....	134
<b>Арыстанбекова Г.Т., Дуйшоков К.Д.</b> Веб-ориентированная система учёта и прогнозирования персональных финансов с использованием методов машинного обучения.....	137

### **ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ**

<b>Жапаркулов А., Саяк уулу Т., Мусаев Д.Б., Таалайбек уулу Ш., Осукеев Э.Ж.</b> Влияние климатических условий Кыргызстана на эксплуатацию дорожных покрытий.....	143
<b>Жапаркулов А., Саяк уулу Т., Мусаев Д.Б., Таалайбек уулу Ш., Осукеев Э.Ж.</b> Дерево для строительства сейсмостойких мостов в Иссык-Кульской области.....	147
<b>Суюнтбеков И.Э., Джунуспаев К.Т., Керезбеков Ж.Т.</b> Анализ факторов, влияющих на тормозные свойства транспортно-технологических машин в условиях эксплуатации.....	152
<b>Суюнтбеков И.Э., Садинов А.М., Керезбеков Ж.Т.</b> Разработка и обоснование мероприятий по повышению тормозных свойств транспортно-технологических машин с учетом условий эксплуатации.....	157
<b>Суюнтбеков И.Э., Жыргалбаев М., Садинов А.М.</b> Разработка и обоснование мероприятий по повышению эффективности технической эксплуатации погрузчиков LIUGONG.....	162
<b>Суюнтбеков И.Э., Джолдошов Б.К., Жыргалбаев М.</b> Анализ факторов, влияющих на эффективность технической эксплуатации погрузчиков семейства LIU GONG в условиях Кыргызстана.....	167
<b>Осмонканов Н.А., Камалова Э.А., Атабаев Р.Р.</b> Повышение устойчивости откосов насыпей автомобильных дорог в условиях кыргызской республики с применением армогрунтовых подпорных стен .....	172

### **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

<b>Абдулаева Г.М., Повеквечнова К.Н.</b> Применение инновационных технологий CLO3D и GRAFIS при проектировании коктейльного платья.....	177
---	-----

### **ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

<b>Калмурзаев Д.К., Насирдинова С.М.</b> Энергоэффективность жилых зданий и исследование влияния отопительных систем на экономическую эффективность.....	183
<b>Матозимов Б. С., Досалиева Ж.М., Турганбаев А.З., Сарыпбеков Б.Д.</b> Исследования ограждающих конструкций сейсмостойких жилых зданий с учетом энергосбережения в условиях Кыргызской Республики.....	189

УДК 69:699.1

**Б. С. Матозимов, З.С.Кожокматова, Д.Н.Бакаев, Р.А.Тюлялиев**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**B. S. Matozimov, Z.S.Kozhokmatova, D.N.Bakaev, R.A.Tyulyaliev**  
I. Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
matozimov67@mail.ru

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

### ТУРАК ЖАЙ ИМАРАТТАРЫНЫН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН КУРУУДА КЫШКЫ БЕТОНДООНУН ЗАМАНБАП ЫКМАЛАРЫ

#### MODERN METHODS OF WINTER CONCRETING IN THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS

*Бул макалада турак жай имараттарынын конструкцияларын курууда кышкы бетондоонун заманбап ыкмаларынын изилдөөлөрү анализденген жана тыянак чыгарылган.*

***Түйүндүү сөздөр:** кышкы бетондоо, заманбап ыкмалар, турак жай имараттары, химиялык кошулмалар. аралашмалар, тонуу температурасы, жылуулук.*

*В данной статье проанализированы и подведены итоги исследований современных методов зимнего бетонирования при возведении конструкций жилых зданий.*

***Ключевые слова:** зимнее бетонирование, современные методы, жилые дома, химические добавки, смеси, температура замерзания, изоляция.*

*This article analyzes and summarizes the results of research on modern methods of winter concreting in the construction of residential buildings.*

***Key words:** winter concreting, modern methods, residential buildings, chemical additives, mixtures, freezing point, insulation.*

**Введение.** Работы по бетонированию можно проводить при температуре не менее +5 градусов. После преодоления этой отметки набор прочности бетоном замедляется, и смесь теряет свои качества. Причина этому — замерзание и расширение воды при температуре ниже нуля, из-за чего сильно замедляется процесс гидратации (т.е. схватывания и набора прочности бетона). Внутри бетонной смеси возникает давление и качество бетона снижается. Помимо этого, вокруг компонентов бетона возникают ледяные пленки, что нарушает связь между ними. В итоге, залитая при отрицательной температуре бетонная смесь после оттаивания утратит большую часть своих свойств. Чем в более раннем возрасте замерзнет вода в бетоне тем больше снижается его качество и прочность. Поэтому в зимнем строительстве практикуют укладку бетона, уже набравшего определенную прочность, укладывая его непрерывно (чтобы избежать «холодных швов»).

**Цель исследования.** Анализировать современные методы зимнего бетонирования в строительстве конструкций жилых зданий.

Бетонирование конструкций в зимних условиях регулируется СНиПом. Чтобы иметь возможность проводить работы по зимнему бетонированию, сохранив изначальные качества бетона, существуют различные способы его прогрева: -предварительный нагрев смеси; - обогрев залитой смеси; -химические противоморозные добавки.

### **Материал и методы исследования.**

#### **1.Предварительный разогрев смеси.**

Он заключается в разведении смеси из предварительно разогретых компонентов. Температура подбирается в зависимости от расстояния до места укладки смеси, способа ее транспортировки и температуры воздуха. Что необходимо соблюсти при приготовлении смеси для зимнего бетонирования: -повысить содержание цемента; -снизить соотношение воды к цементу; -нагреть зернистые компоненты до + 35°C; -нагреть воду до + 70°C;

-нагретую воду сначала смешать с зернистым наполнителем, только затем добавить цемент;

- добавить противоморозные и воздухововлекающие добавки; - разогреть смесь до температуры не более +30°C; - время перемешивания смеси увеличить в 1,25 - 1,5 раза.

Также отличается и порядок подачи компонентов при смешивании в бетономешалке:

- сначала зернистый заполнитель и основная часть воды; - несколько оборотов; - затем оставшаяся часть воды; - перемешивать как минимум 1,5-2 минуты.

При укладке смеси важно, чтобы ее температура не опустилась ниже +15 градусов. После окончания работ конструкцию необходимо накрыть теплоизолирующим материалом, чтобы бетон набрал прочность в тепле.

#### **2. Методы прогрева бетона.**

**-Метод термоса.** Данный метод применяется при температуре не ниже -15 градусов.

Метод термоса подразумевает собой укладку бетонной смеси положительной температуры (не менее 10 градусов) в утепленную опалубку. Осуществляется прогрев до 50-70 градусов, затем тепло сохраняется с помощью теплоизоляционных материалов.

**-Индукционный метод прогрева бетона.** Под индукционным прогревом понимается нагрев стальной опалубки, арматурных деталей и изделий с помощью электромагнитного поля катушки-индуктора. Применяется при незначительных габаритах отдельных элементов армированной конструкции.

**-Инфракрасный метод прогрева бетона.** Бетон поглощает инфракрасное излучение выделяя тепло. Для нагрева используют кварцевые и трубчатые металлические излучатели. Обычно с помощью инфракрасного прогрева отогревается арматура, промороженная бетонная поверхность или тепловая защита уложенной смеси.

**-Прогрев бетона электродами.** Электропрогрев бетона чаще применяется на больших стройках. Технология заключается в прогреве бетонной смеси электродами при помощи трансформаторов. Тепло выделяется при пропускании электрического тока через смесь.

Обычно используются пластинчатые электроды. Пластины прикрепляются к опалубке, в местах соприкосновения с бетоном. Затем подключаются к разноименным фазам сети.

**-Прогрев бетона тепловой пушкой.** Такой способ зимнего бетонирования применяется при температуре воздуха примерно от -5 до -15 градусов. Для обогрева над бетонной конструкцией сооружается «палатка» из пленки ПВХ, под нее устанавливаются тепловые пушки. От температуры под шатром зависит скорость набора прочности бетоном. Обычно требуется около 1-3 суток такого прогрева для набора 50% прочности.

**Для бетонирования в зимнее время необходимо:** -Выбирать высокомарочные быстротвердеющие цементы, которые обеспечат интенсивный набор прочности; -Выбирать оптимальную гранулометрию инертных материалов, что позволит получить стабильные бетонные смеси без расслоений и водоотделений; -Использовать подогрев инертных материалов, чтобы не образовывался лед, который будет таять в миксерах или при приготовлении бетонной смеси; -Подбирать противоморозные добавки на стадии проектирования, т.к. различные добавки по разному влияют на растворную и бетонную смесь; -При использовании горячей воды более 70°C желательно применять следующую

последовательность загрузки: — инертные материалы; — горячая вода с добавкой; — цемент. -Применять водоредуцирующие добавки, которые позволят снизить расход воды.

### Исследование №1. Зависимость температуры замерзания воды от концентрации ПМД

Анализируем: проводилось замораживание воды без добавки и воды с добавками на основе солей (ST AF), спиртов (ST AF4), солей и спиртов (ST AF7). На графике на горизонтальной оси отмечено содержание добавки в воде, а на вертикальной оси — температура замерзания./5/

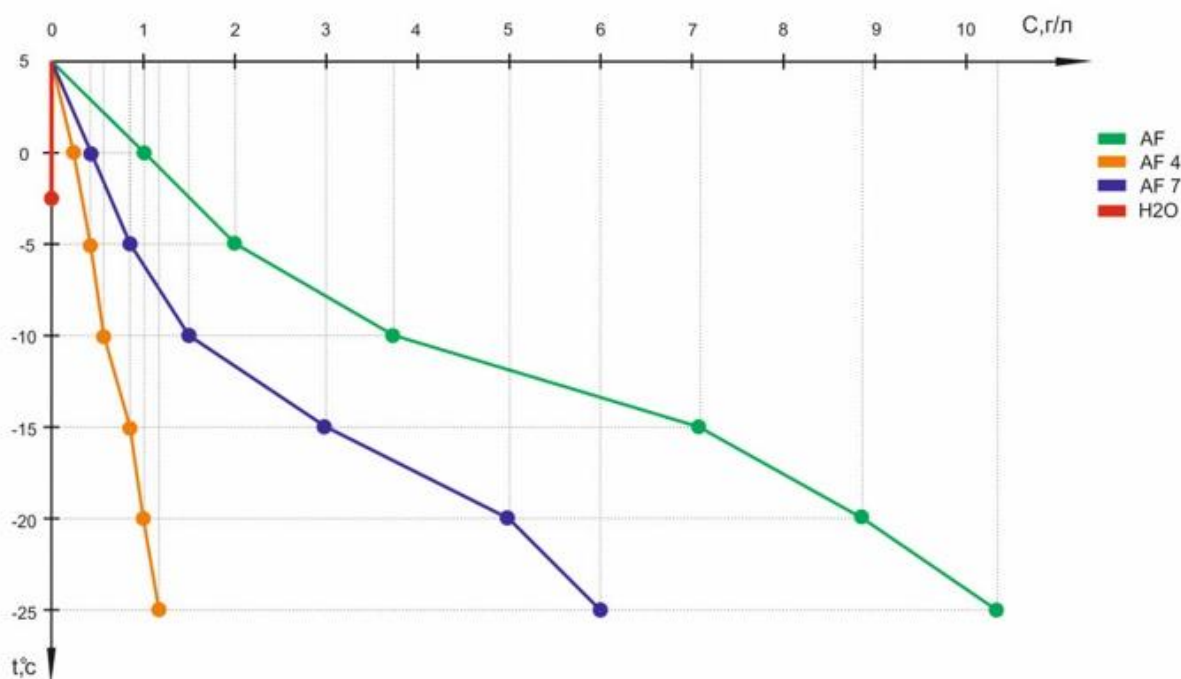


Рисунок 1 - График зависимости температуры замерзания воды от концентрации добавки

### Исследование №2. Влияет ли выбор цемента на электропроводность бетонной смеси?

Мы анализируем следующий опыт. Изготовленные бетонные смеси на 4 видах цемента и поместили их в ящик. К ящику подавали ток напряжением 220 вольт и измеряли значения силы тока при прогреве. Изначально состав был без добавок. Цементы: — Пикалевский 500 Д0; — Волховский 32,5; — ЮГПК 52,5 R; — ЦЕСЛА СЕМ II 42,5 А-Ш.

В результате исследования мы получили большую базу данных, которая будет подвергаться дальнейшему анализу. Предварительные данные такие: на цементе ЦЕСЛА СЕМ II 42,5 А-Ш получили наименьшее сопротивление, следовательно, на стройках можно подавать меньшую силу тока для разогрева данной смеси. Из всех проводимых опытов самое низкое сопротивление и максимальную температуру разогрева получили с добавкой на основе соли.

**Использование химических добавок.** Для бетонирования в зимних условиях производятся специальные добавки. Можно купить бетон с уже добавленными химикатами либо сделать смесь самостоятельно.

Самые популярные и эффективные химические добавки - хлорид и нитрат кальция. Их применяют для снижения температуры замерзания воды и ускорения процесса затвердевания бетона. Бетонную смесь с химическими добавками можно укладывать при температуре до -20 градусов.

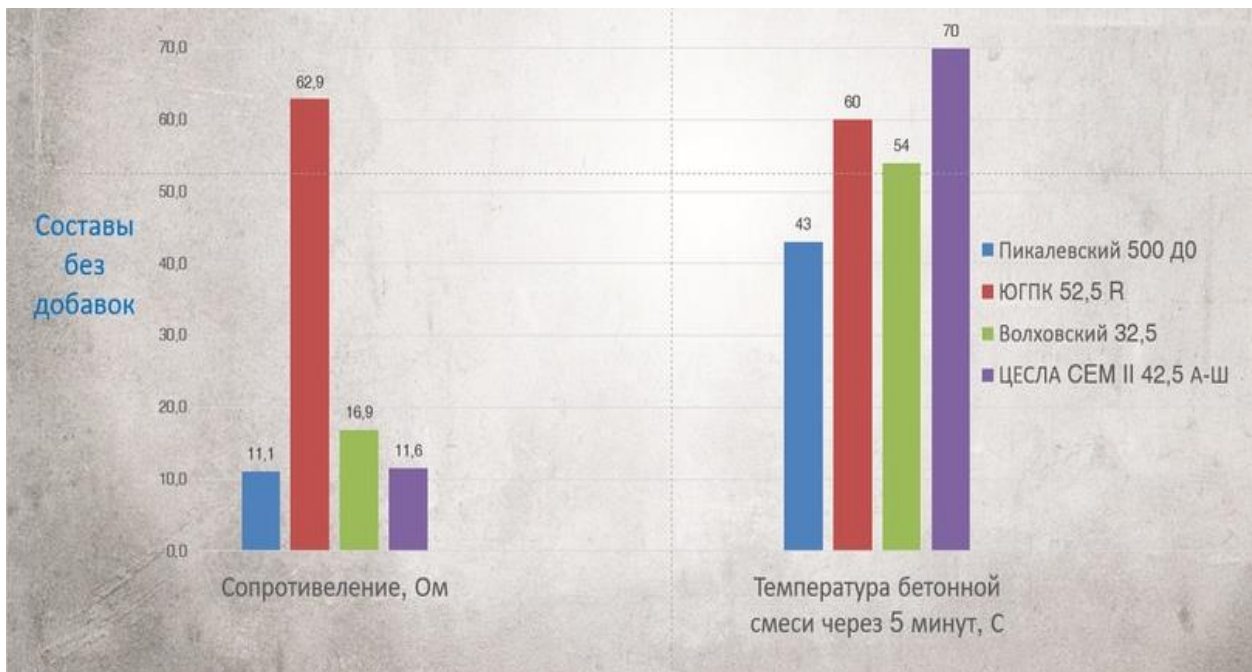


Рисунок 2 - Состав без добавок

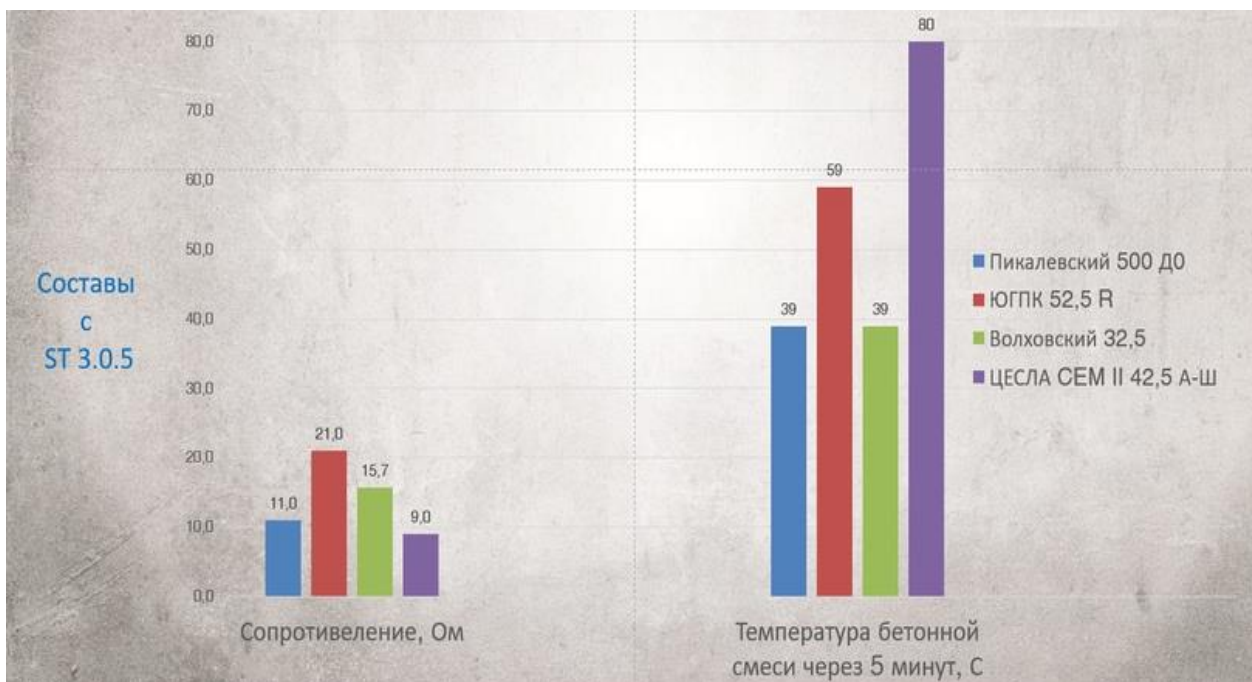


Рисунок 3 - Состав с добавкой ST3.0.5 без противоморозного эффекта

Из побочных эффектов — возможна коррозия арматура или появление высолов (белого налета) на бетоне. Поэтому такие добавки строго дозируются. - хлорид кальция (ХК); - нитрат кальция (НК); - смесь, состоящую из нитрита кальция и нитрата кальция (ННК); - смесь из нитрита, нитрата и хлорида кальция (ННХК); - хлорид натрия (ХН); - нитрит натрия (НН); - сульфат натрия (СН); - карбамид (мочевина); - поташ (П); - формиат натрия; - фильтрат технического пентаэритрита.

Несмотря на все сложности можно выделить и положительные моменты у бетонирования в зимний период: - сокращение сроков строительства; - более низкие цены на строительные материалы и рабочую силу; - удобнее хранить материалы (не впитывается влага от земли, а от снега можно просто укрыть); - можно проводить работы на слабом грунте; - облегченный въезд на строительную площадку, т.к. грунт замерзший. /1-4/

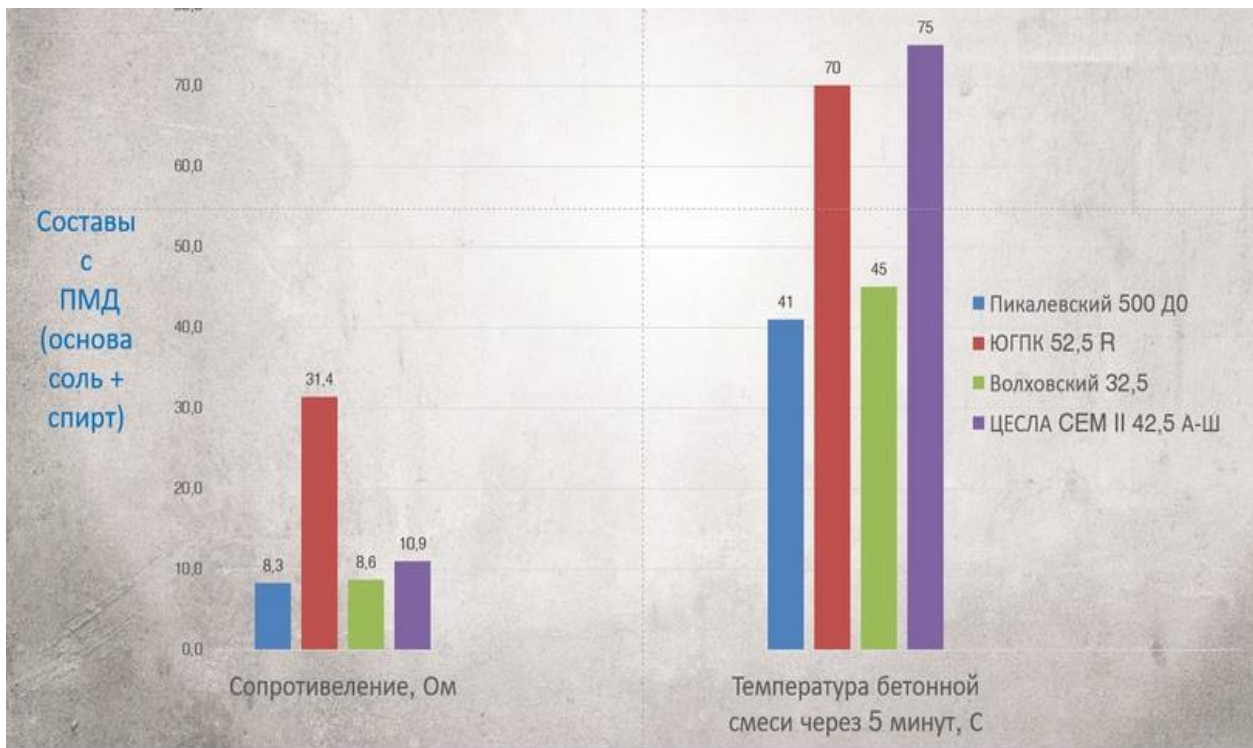


Рисунок 4 - Состав с противоморозной добавкой ST AF8

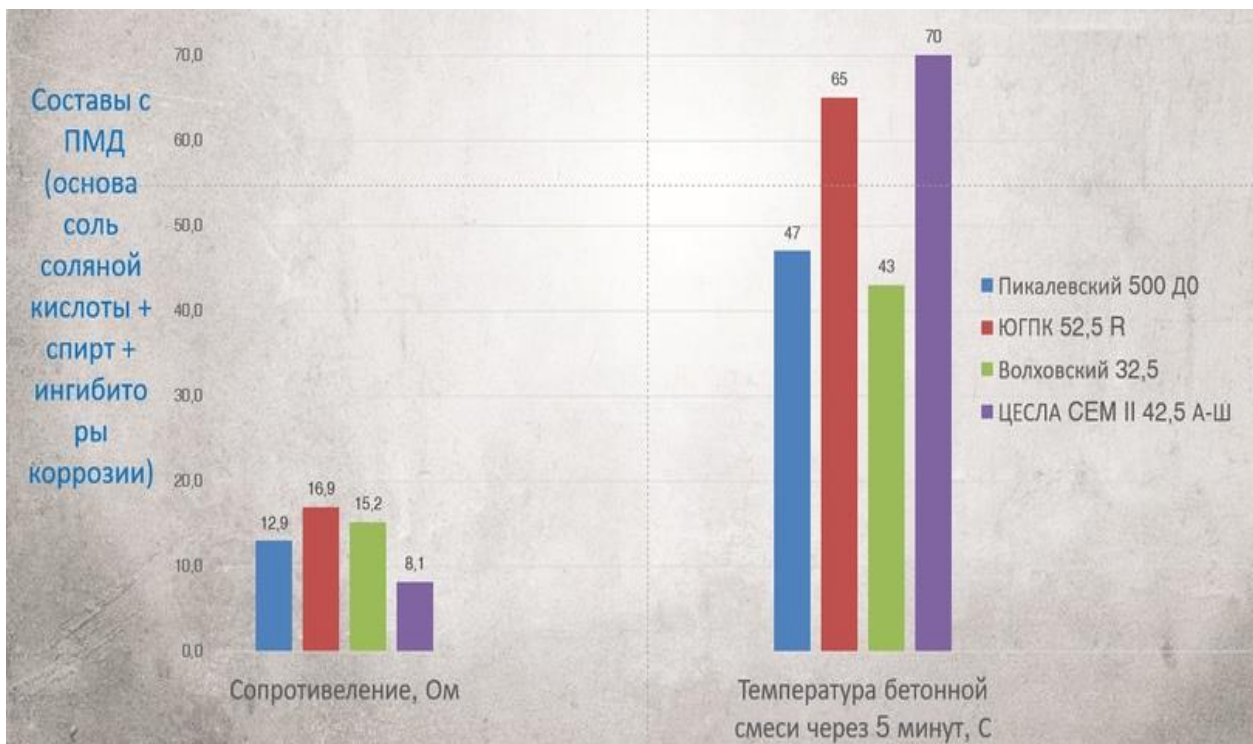


Рисунок 5 - Состав с противоморозной добавкой ST AF8.1

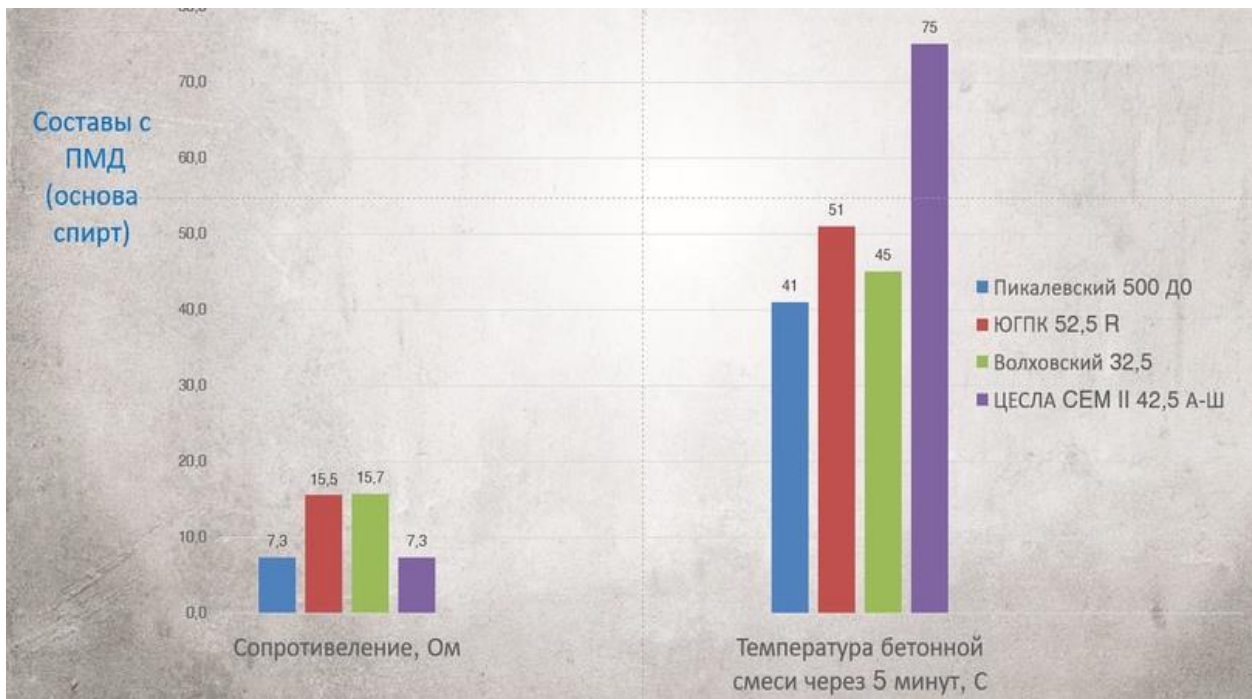


Рисунок 6 - Состав с противоморозной добавкой ST AF4

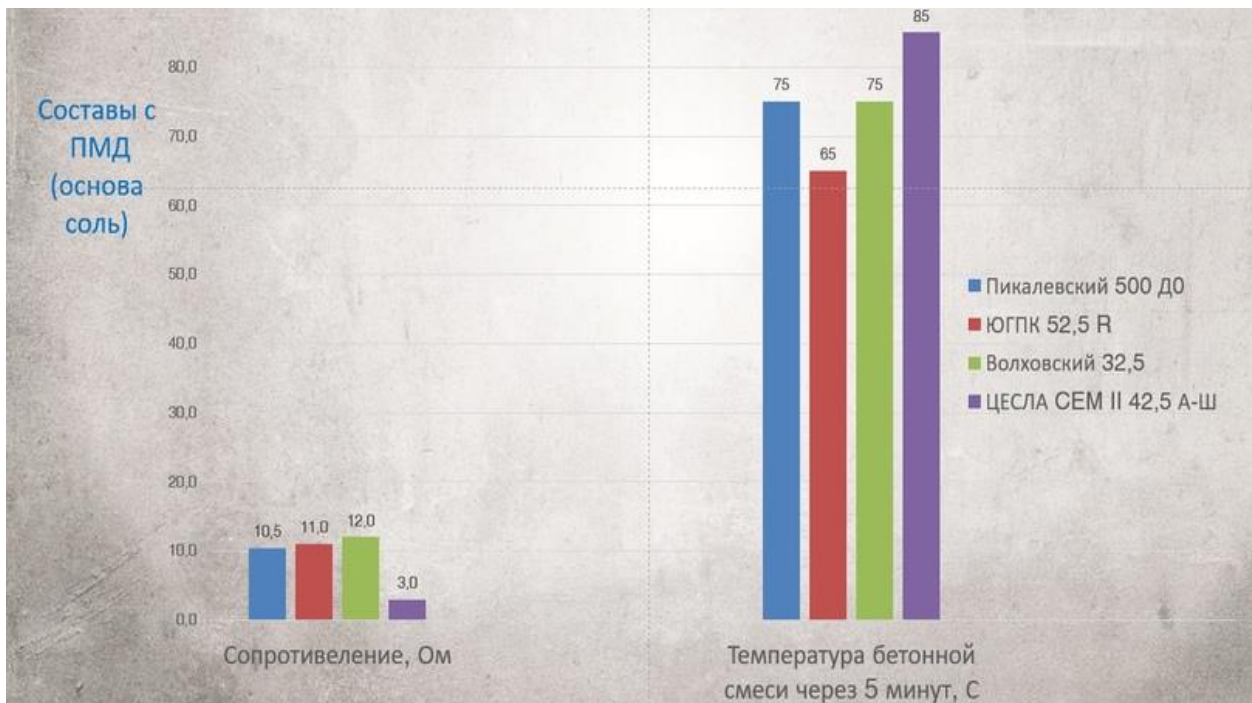


Рисунок 7 - Состав с противоморозной добавкой ST AF

### Исследование №3. Интенсивность набора прочности бетона при различной отрицательной температуре наружного воздуха

Анализируем: Исследование проведенное по «теплому методу». «Теплый метод» — твердение бетона происходит при отрицательной температуре 4 часа. Последующее твердение бетона происходит в нормальных условиях. Изготавливался состав с применением солевой добавки и устанавливался на 4 часа в морозильную камеру на разные температуры: 0°C, -5°C, -10°C, -15°C. После этого образцы подвергались испытаниям на 7, 14, 28 и 90 сутки и проводился контроль полученной прочности./5/

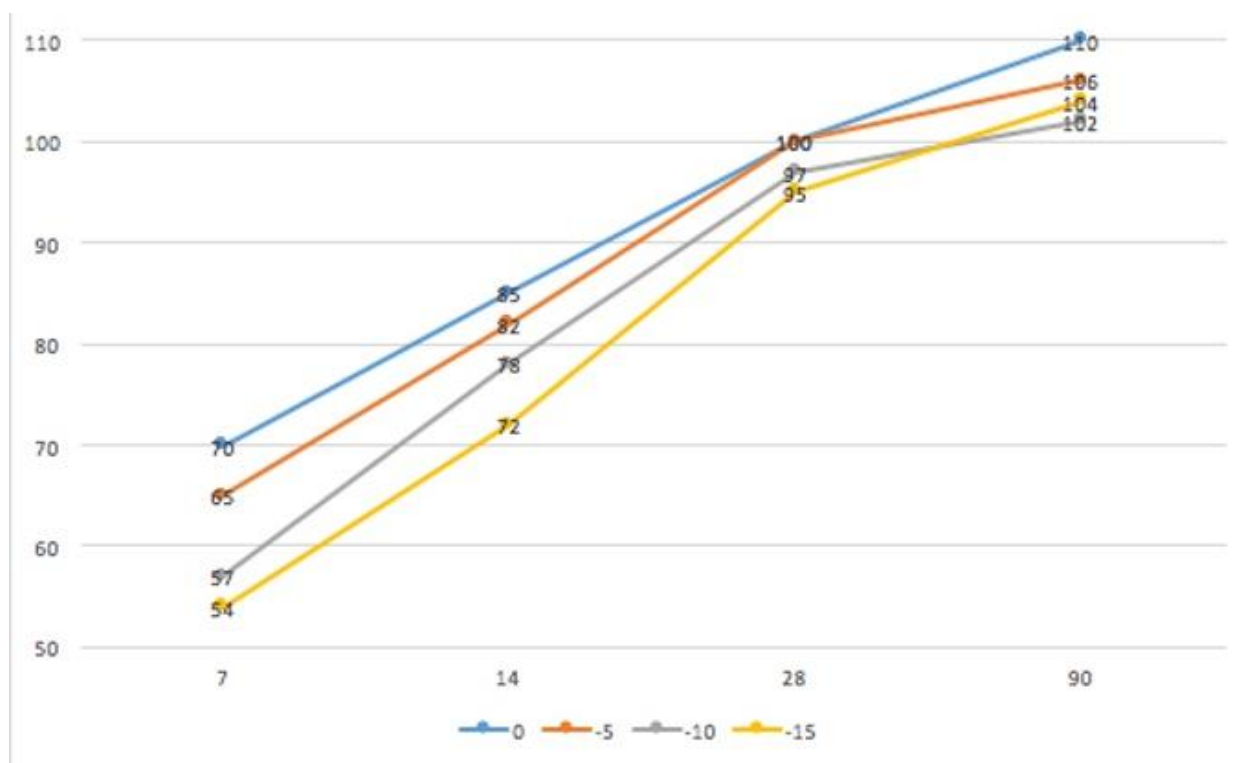


Рисунок 8 - График зависимости прочности бетона (МПа) от времени (в сутках)

#### Заключение

**Противоморозные добавки позволяют:** -сохранить воду затворения в жидком состоянии; -ускорить химические реакции, протекающие в структуре бетона, снижая тем самым температуру льдообразования и не допуская его срастания в единый монолит; -обеспечить защиту смесей от замерзания на время от ее изготовления до укладки и подачи внешнего тепла (эл. прогрев, тепляк и т.д.); -исключить деструкцию бетона при замораживании в раннем возрасте и обеспечить сохранение хорошего сцепления бетона с арматурой.

**Принцип действия противоморозных добавок:** — Снижение точки замерзания воды в бетоне; — Образование комплексных соединений; — Ускорение процессов гидратации; — Повышение тепловыделения бетона; — Изменение структуры льда.

Результаты исследования №3 при 0°C получили максимальную прочность, при -5°C на 7 сутки пошло снижение прочности, но на 28 сутки получили такую же как при 0°C. При -10°C и -15°C расхождение уже было большим, но на 90 суток при температуре -15°C прочность получили выше, чем при -10°C.

#### Список литературы

1. Анализ результатов серии экспериментов малоэтажных зданий, проведенных на сейсмоплатформе КГУСТА им. Н.Исанова [Текст] / Ж.Ы.Маматов, Б.С.Ордобаев, Б.С.Матозимов и др. - Вестник КГУСТА. -2013. - №3 (41). - стр. 219-225.
2. Архитектурно-строительная физика в сейсмостойком строительстве. [Текст]/ Матозимов Б.С., Ордобаев Б.С. Монография. – Б.:Айат, 2014. – 160 с.
3. Матозимов Б.С. Сейсмомоделирование ограждающих конструкций гражданских зданий с учетом теплотехнических требований [Текст] / Б.С.Матозимов. - Вестник КГУСТА. – 2013. №3 (41). - стр. 206-209.
4. <https://72taktika.ru/articles/zimnee-betonirovanie/>
5. <https://bsrbest.com/blog/protivomoroznye-dobavki-spetsifika-primeneniya/#1-6>

**Э.Т.Токторалиев, С.Ж. Абдыкадыров, А.А. Аскарбеков, Н.В. Жумаев**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек шаары, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**E.T. Toktoraliyev, S.Zh. Abdykadyrov, A.A.Askarbekov, N.V.Zhumaev**  
I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
erkin.mukanbetova@mail.ru

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **КУРУЛУШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫН КЕРНЕЛӨӨ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫК АБАЛЫНЫН ТАЛДООСУ**

#### **ANALYSIS OF THE STRESS–STRAIN STATE OF BUILDING STRUCTURES**

*Макалада болоттон жасалган ийилүүчү элементтердин дубалынын кернелүү-деформациялык абалы ийилүү моменти менен туурасынан күч биргелешип таасир эткен шартта теориялык жана эсептик жактан каралган. Элементтин геометриялык ийкемдүүлүгүн жана жергиликтүү туруктуулукту жоготуу мүмкүнчүлүгүн эске алуу менен кош тавр профилдеринин дубалындагы нормалдык жана кесүүчү кернелөөлөрдүн пайда болуу мыйзамченемдүүлүктөрү талданды. Жука дубалдуу системалардын ийкемдүүлүк, пластикалуулук жана туруктуулук теорияларына негизделген такталган эсептик модель сунушталып, ал акыркы элементтер ыкмасы аркылуу ишке ашырылды.*

*Кернелөө-деформациялык абалды жөнгө салуу маселесине өзгөчө көңүл бурулуп, алдын ала кернелөө киргизүү аркылуу ички күчтөрдү кайра бөлүштүрүү жана ийилүү моменттеринин эң жогорку маанилерин азайтуу мүмкүнчүлүгү каралды. Сандык моделдөөнүн жыйынтыгында башкарылуучу алдын ала кернелөө конструкциядагы кернеелердин бир калыпта бөлүштүрүлүшүнө жана материалды пайдалануунун натыйжалуулугун жогорулатууга өбөлгө түзөрү аныкталды. Алынган натыйжалар болоттон жасалган балкалык жана рамалык конструкцияларды долбоорлоонун эсептик ыкмаларын өркүндөтүүдө колдонулушу мүмкүн.*

**Түйүндүү сөздөр:** *болот конструкциялары; ийилүүчү элементтер; кош таврдын дубалы; кернелүү-деформациялык абал; ийилүү моменти; туурасынан күч; туруктуулукту жоготуу; алдын ала кернелөө; ички күчтөрдү кайра бөлүштүрүү; акыркы элементтер ыкмасы.*

*В статье рассмотрены теоретические и расчетные аспекты напряженно-деформированного состояния стенки стальных изгибаемых элементов при совместном действии изгибающего момента и поперечной силы. Проведен анализ формирования нормальных и касательных напряжений в стенке двутавровых профилей с учетом геометрической гибкости элемента и возможности локальной потери устойчивости. Представлена уточненная расчетная модель, основанная на положениях теории упругости, пластичности и устойчивости тонкостенных систем, а также реализованная с применением метода конечных элементов.*

*Особое внимание уделено вопросам регулирования напряженно-деформированного состояния посредством введения предварительного напряжения, обеспечивающего перераспределение внутренних усилий и снижение экстремальных значений изгибающих моментов. На основе численного моделирования показано, что управляемое преднапряжение способствует формированию более равномерного напряженного состояния и повышению*

эффективности использования материала. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании расчетных методик проектирования стальных балочных и рамных конструкций.

**Ключевые слова:** стальные конструкции; изгибаемые элементы; стенка двутавра; напряженно-деформированное состояние; изгибающий момент; поперечная сила; потеря устойчивости; предварительное напряжение; перераспределение усилий; метод конечных элементов.

*The article examines the theoretical and computational aspects of the stress–strain state of the web of steel flexural members subjected to the combined action of bending moment and transverse shear force. The formation of normal and shear stresses in the web of I-shaped profiles is analyzed with consideration of the geometric slenderness of the element and the possibility of local buckling. A refined computational model based on the theories of elasticity, plasticity, and stability of thin-walled systems is presented and implemented using the finite element method.*

*Special attention is given to the regulation of the stress–strain state through the introduction of prestressing, which ensures the redistribution of internal forces and the reduction of extreme bending moments. Numerical modeling demonstrates that controlled prestressing contributes to a more uniform stress distribution and improves the efficiency of material utilization. The obtained results can be applied to enhance calculation methods for the design of steel beam and frame structures.*

**Key words:** steel structures; flexural members; I-beam web; stress–strain state; bending moment; shear force; buckling; prestressing; redistribution of internal forces; finite element method.

**Введение.** Современное развитие строительной отрасли, инфраструктурных и промышленных объектов сопровождается широким применением стальных изгибаемых элементов — балок, прогонов, ригелей, элементов рамных и пространственных конструкций. Повышение требований к надежности, долговечности и экономичности сооружений обуславливает необходимость углубленного анализа их напряженно-деформированного состояния (НДС), особенно в условиях действия сложных нагрузок и комбинированных силовых факторов.

Известно, что при изгибе стальных элементов распределение нормальных и касательных напряжений определяется геометрией поперечного сечения, характеристиками материала и условиями опирания. Классическая теория сопротивления материалов, основанная на гипотезе плоских сечений Бернулли–Навье, позволяет получить аналитические зависимости для оценки нормальных напряжений и прогибов в упругой стадии работы элемента [1]. Однако в реальных конструкциях наблюдается отклонение от идеализированных предпосылок, связанное с наличием сварных швов, остаточных напряжений, начальных геометрических несовершенств и локальных потерь устойчивости стенки [2].

Особую актуальность представляет исследование напряженно-деформированного состояния стенки стальных изгибаемых элементов, поскольку именно стенка воспринимает значительную часть поперечных сил и участвует в формировании общей жесткости сечения. При действии изгибающего момента и поперечной силы в стенке возникают сложные поля напряжений, включающие нормальные и касательные компоненты, а также локальные концентрации в зонах опирания и приложения сосредоточенных нагрузок [3]. В ряде случаев развитие пластических деформаций и локальной потери устойчивости приводит к перераспределению усилий между поясами и стенкой, что существенно влияет на предельную несущую способность элемента [4].

В нормативных документах, включая Eurocode 3 и American Institute of Steel Construction (AISC), расчет стенок изгибаемых элементов базируется на классификации сечений и проверке устойчивости по предельным состояниям [5, 6]. Вместе с тем современные исследования с использованием численных методов, в частности метода конечных элементов, показывают необходимость уточнения расчетных моделей с учетом реальной диаграммы

деформирования стали, геометрической и физической нелинейности, а также стадийности нагружения [7].

Для регионов с активным строительством в сейсмических районах, включая юг Кыргызской Республики, анализ НДС стенок стальных элементов приобретает дополнительную значимость, поскольку динамические воздействия вызывают циклические напряжения и могут способствовать накоплению повреждений. В этом контексте особый интерес представляет исследование работы стенки при сочетании изгиба и сдвига, а также оценка влияния локальных деформаций на общую устойчивость элемента.

Целью настоящей статьи является анализ напряженно-деформированного состояния стенки стальных изгибаемых элементов при действии изгибающего момента и поперечной силы с учетом геометрических и конструктивных параметров сечения. Для достижения поставленной цели предполагается: – рассмотреть теоретические основы формирования напряжений в стенке;

- выявить характер распределения нормальных и касательных напряжений;
- оценить влияние соотношения высоты стенки к ее толщине на устойчивость и жесткость элемента;
- провести сопоставление аналитических зависимостей с результатами численного моделирования.

Предлагаемый подход направлен на уточнение расчетных предпосылок и повышение достоверности оценки несущей способности стальных изгибаемых элементов, что имеет важное значение для проектирования надежных и экономически эффективных конструкций.

**Теоретическая часть.** Напряженно-деформированное состояние (НДС) стенки стального изгибаемого элемента представляет собой сложную пространственную задачу механики деформируемого твердого тела, обусловленную совместным действием изгибающего момента, поперечной силы, а в ряде случаев — продольной силы и локальных нагрузок. В отличие от поясов двутаврового профиля, преимущественно воспринимающих нормальные напряжения изгиба, стенка работает в условиях комбинированного напряженного состояния, включающего значительные касательные компоненты и локальные концентрации напряжений в опорных зонах [1, 2].

Классическая теория сопротивления материалов, базирующаяся на гипотезе плоских сечений, позволяет определить распределение нормальных напряжений при чистом изгибе. Однако в реальных конструкциях стенка функционирует как тонкая пластина, закрепленная по продольным краям поясами и нагруженная в своей плоскости, что требует привлечения положений теории упругости и устойчивости пластин [3].

Современные нормативные подходы к расчету стальных конструкций (в частности, Eurocode 3 и документы American Institute of Steel Construction) предусматривают классификацию сечений по степени гибкости элементов и проверку их устойчивости по предельным состояниям [4, 5]. Тем не менее, упрощенный характер расчетных зависимостей не всегда отражает реальную картину перераспределения напряжений в стенке при развитии нелинейных деформаций.

В условиях роста пролетов зданий и сооружений, а также увеличения интенсивности динамических воздействий (ветровых, сейсмических), уточнение расчетных моделей НДС стенки приобретает принципиальное значение для обеспечения конструкционной надежности и экономической эффективности проектных решений.

**Цель исследования** - формирование теоретически обоснованной расчетной модели напряженно-деформированного состояния стенки стального изгибаемого элемента при совместном действии изгиба и поперечного сдвига с учетом устойчивости и физической нелинейности материала.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

1. Проанализировать существующие теоретические положения расчета тонкостенных элементов при комбинированном нагружении.

2. Вывести аналитические зависимости для определения нормальных и касательных напряжений в стенке с учетом взаимодействия изгиба и сдвига.

3. Исследовать влияние геометрических параметров (отношение высоты стенки к ее толщине  $h_w/t_w$ ) на характер напряженного состояния.

4. Оценить условия локальной потери устойчивости стенки при различных схемах закрепления.

5. Разработать методику сопоставления аналитических решений с результатами численного моделирования.

В упругой стадии работы элемента нормальные напряжения от изгиба описываются выражением

$$\sigma_x = \frac{My}{I},$$

где  $M$ — изгибающий момент,  $y$ — расстояние от нейтральной оси,  $I$ — момент инерции сечения.

Касательные напряжения в стенке от поперечной силы определяются по формуле Журавского:

$$\tau_{xy} = \frac{QS}{It_w},$$

где  $Q$ — поперечная сила,  $S$ — статический момент части сечения,  $t_w$ — толщина стенки.

Сочетание этих напряжений формирует плоское напряженное состояние, для которого эквивалентное напряжение по критерию Мизеса определяется как

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}.$$

Переход в пластическую стадию происходит при достижении условием

$$\sigma_{eq} \geq \sigma_y,$$

где  $\sigma_y$ — предел текучести стали [6].

При увеличении гибкости стенки существенную роль играет потеря устойчивости. Критическое напряжение для прямоугольной пластины при равномерном сжатии определяется выражением

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2,$$

где  $E$ — модуль упругости,  $\nu$ — коэффициент Пуассона,  $k$ — коэффициент, учитывающий условия закрепления [3, 7].

Таким образом, предельное состояние стенки может определяться либо достижением предела текучести, либо потерей устойчивости, в зависимости от относительной гибкости элемента.

**Методология работы** базируется на сочетании аналитического и численного подходов.

Используются положения теории упругости, пластичности и устойчивости тонких пластин. Решение строится на: уравнениях равновесия; геометрических соотношениях деформаций; физических законах упругости и пластичности; критерии текучести Мизеса–Генки.

Для уточнения распределения напряжений применяется метод конечных элементов (МКЭ) [7]. Модель учитывает: геометрическую нелинейность; физическую нелинейность материала; реальные граничные условия закрепления; локальные концентрации напряжений.

Проводится сопоставление: аналитических результатов; нормативных расчетов; численных данных.

Критерием адекватности модели служит величина относительного расхождения расчетных и численных значений напряжений и критических нагрузок.

Предлагаемый теоретический подход ориентирован на комплексное рассмотрение взаимодействия изгиба и сдвига в стенке, включая влияние геометрической гибкости и

перераспределения напряжений в пластической стадии. В отличие от традиционных методик, основанных на отдельной проверке по нормальным и касательным напряжениям, рассматривается их совокупное воздействие с учетом эквивалентного критерия прочности и устойчивости.

**Материалы для обсуждения.** В контексте исследования напряженно-деформированного состояния стенки изгибаемых элементов особый интерес представляет возможность целенаправленного перераспределения внутренних усилий посредством введения регулируемых предварительных напряжений. Подобный подход позволяет управлять эпюрами изгибающих моментов и, следовательно, влиять на характер работы стенки ригеля в наиболее напряженных зонах — в приопорных участках и в пролете.

Одним из технических решений в данном направлении является конструкция многорусной металлической рамы, предложенная В.Н. Алехиным [38], в которой регулирование усилий осуществляется путем размещения в узлах сопряжения колонн с ригелями специальных валов. Через указанные элементы пропускается гибкая высокопрочная проволока, натяжение которой формирует систему предварительного напряжения. За счет изменения величины натяжения достигается управляемое воздействие на распределение изгибающих моментов в ригеле.

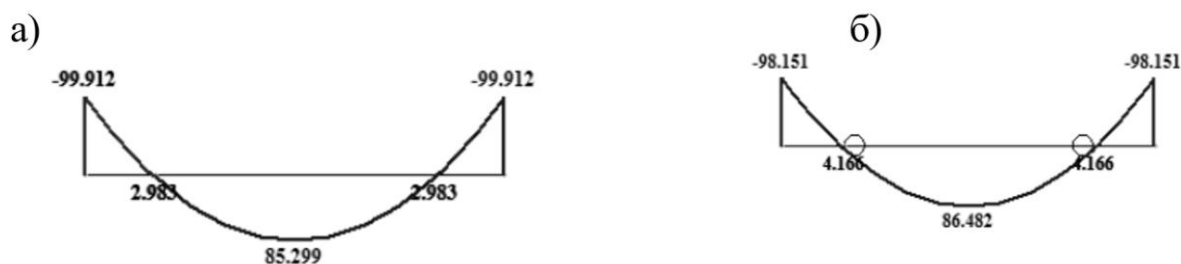


Рисунок 1 – Диаграмма изгибающих моментов  $M$ , сформированная под воздействием внешней равномерно распределенной нагрузки ( $\tau \cdot m$ ): а) распределение усилий в верхнем поясе (полке) ригеля; б) распределение усилий в нижнем поясе (полке) ригеля.

В рассматриваемом примере расчет выполняется для рамы, где ригель воспринимает равномерно распределенную нагрузку интенсивностью 10 т. В качестве поперечного сечения ригеля принят прокатный двутавр типа 100Ш1, а колонна выполнена в виде составного двутавра со стенкой  $630 \times 20$  мм и поясами  $560 \times 20$  мм.

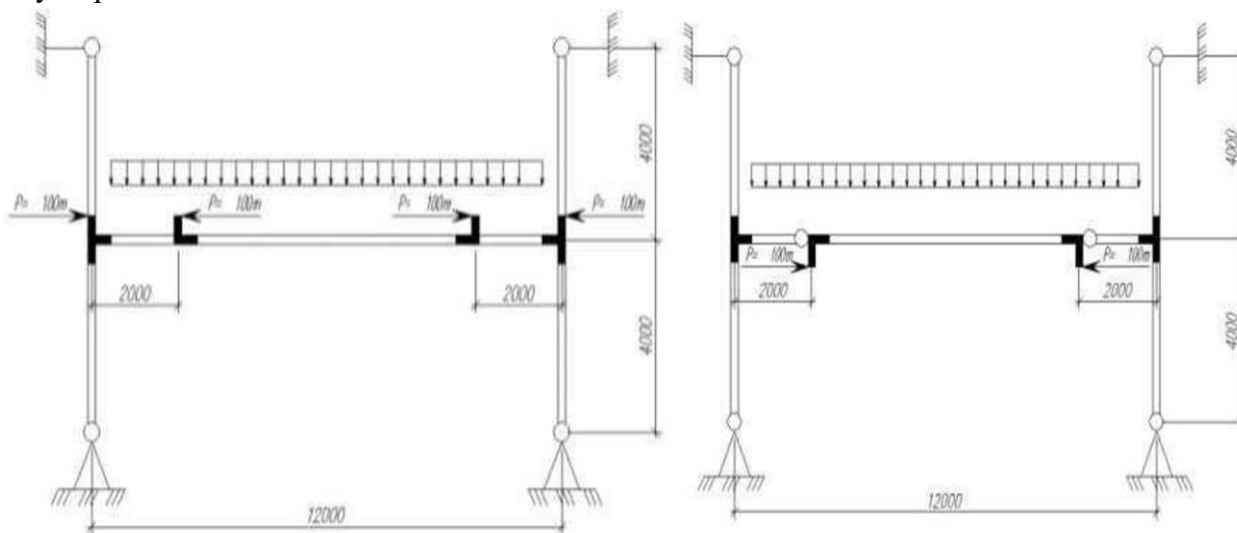


Рисунок 2 - Схема введенных сил предварительного напряжения: а) воздействие на верхний пояс (полку) ригеля; б) воздействие на нижний пояс (полку) ригеля.

Первоначально анализируется работа рамы при действии только внешней нагрузки. В этом случае в ригеле формируется характерная для неразрезной системы эпюра изгибающих моментов: максимальные отрицательные моменты возникают в зонах примыкания к колоннам, а положительный максимум - в середине пролета. Соответственно, в верхней и нижней полках ригеля формируются растягивающие и сжимающие напряжения, определяющие напряженно-деформированное состояние стенки через совместную работу элементов сечения.

Введение предварительного напряжения изменяет статическую схему перераспределения внутренних усилий. Приложенные усилия натяжения создают дополнительные изгибающие моменты, направленные противоположно моментам от внешней нагрузки. В результате суммарная эпюра изгибающих моментов приобретает более сглаженный характер.

Совместное действие эксплуатационной нагрузки и усилий предварительного напряжения приводит к формированию новой эпюры изгибающих моментов  $M_{\text{сум}}$ , в которой значения моментов в характерных сечениях существенно снижаются. Анализ расчетных данных показывает, что в области стыка ригеля с колонной величина изгибающего момента уменьшается примерно на 25 %, тогда как в пролете снижение достигает 45 %.

Такое перераспределение усилий имеет принципиальное значение для оценки напряженно-деформированного состояния стенки ригеля. Снижение изгибающих моментов приводит к уменьшению нормальных напряжений в крайних волокнах и, как следствие, к уменьшению эквивалентных напряжений в стенке при комбинированном действии изгиба и сдвига. Кроме того, сокращается вероятность локальной потери устойчивости стенки в приопорных зонах, где традиционно наблюдается повышенная концентрация напряжений.

С теоретической точки зрения регулирование НДС посредством предварительного напряжения может рассматриваться как метод активного управления внутренними усилиями в системе. В отличие от традиционного подхода, при котором перераспределение напряжений происходит вследствие пластических деформаций, в данном случае корректировка осуществляется на упругой стадии работы конструкции. Это позволяет приблизить характер распределения напряжений к равнопрочному состоянию и обеспечить более рациональное использование материала.

Применение регулируемого предварительного напряжения в узлах сопряжения колонн и ригелей является эффективным инструментом оптимизации напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов. Полученные результаты подтверждают возможность целенаправленного выравнивания эпюр изгибающих моментов и снижения максимальных напряжений в стенке ригеля, что способствует повышению общей надежности и долговечности рамных конструкций.

**Собственные исследования.** В рамках исследования влияния предварительного напряжения на напряженно-деформированное состояние пространственных систем рассмотрена плитно-структурная конструкция квадратного плана размерами 32×32 м при конструктивной высоте 1,6 м. Опирается сооружение осуществляется по четырем угловым точкам, что формирует статически определимую схему с выраженной концентрацией усилий в приопорных зонах.

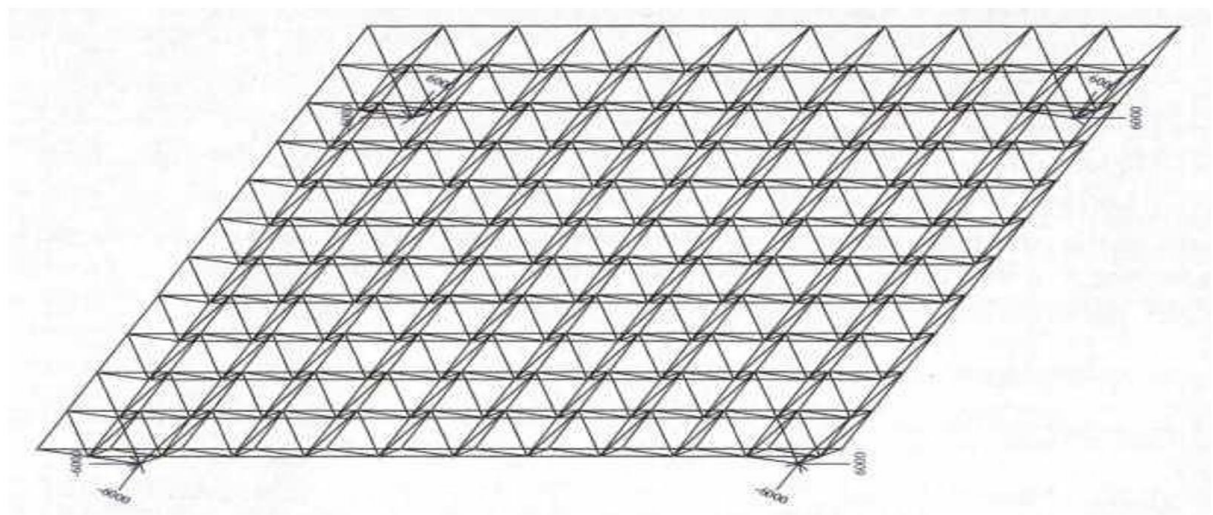


Рисунок 3 – Вид структуры

Целью расчетного анализа являлось снижение максимальных напряжений и внутренних усилий в элементах пространственной структуры за счет регулируемого предварительного натяжения контурных затяжек. Такой подход рассматривается как способ активного управления НДС системы без изменения ее геометрических параметров и сечений элементов.

В расчетной модели варьировалась величина усилия предварительного натяжения затяжек, расположенных по периметру конструкции. Рассматривались уровни преднапряжения 6, 8, 16 и 32 т. Для каждого значения выполнялось определение внутренних усилий в характерных элементах структуры — в верхнем поясе, нижнем поясе и раскосной системе. На основании полученных данных построены зависимости изменения продольных усилий в элементах от величины приложенного предварительного натяжения.

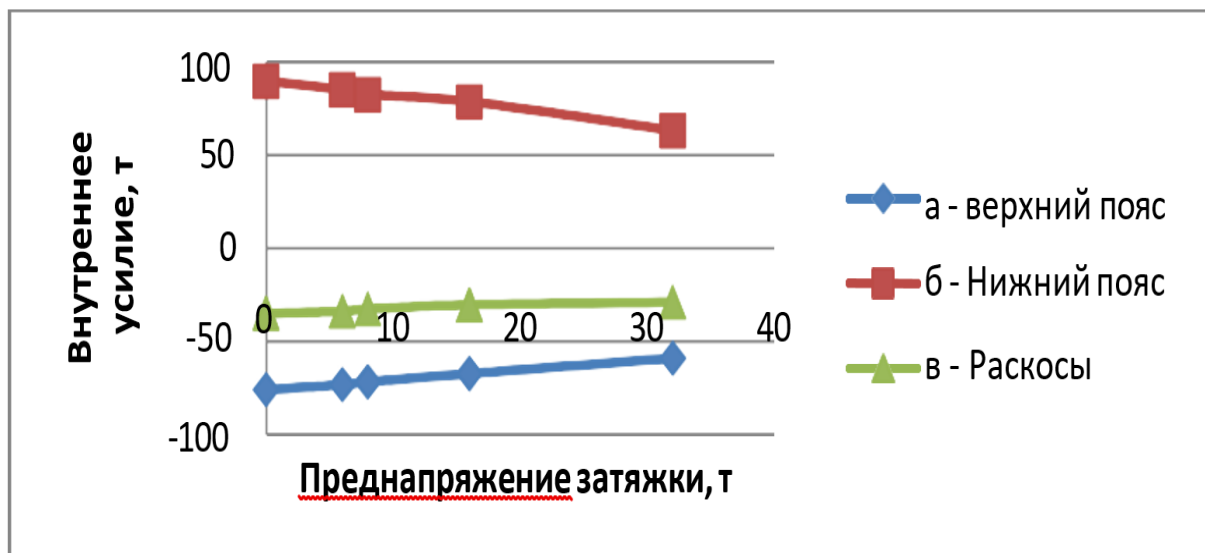


Рисунок 4 – Усилия возникающие в элементах структуры

Анализ расчетных результатов показал устойчивую тенденцию к снижению максимальных внутренних усилий при увеличении уровня предварительного напряжения. В частности, при возрастании усилия в затяжках от 0 до 32 т продольные усилия в элементах верхнего пояса уменьшились на 22,57 %, в элементах нижнего пояса — на 29,6 %. В раскосной системе снижение достигло 16,8 % [40].

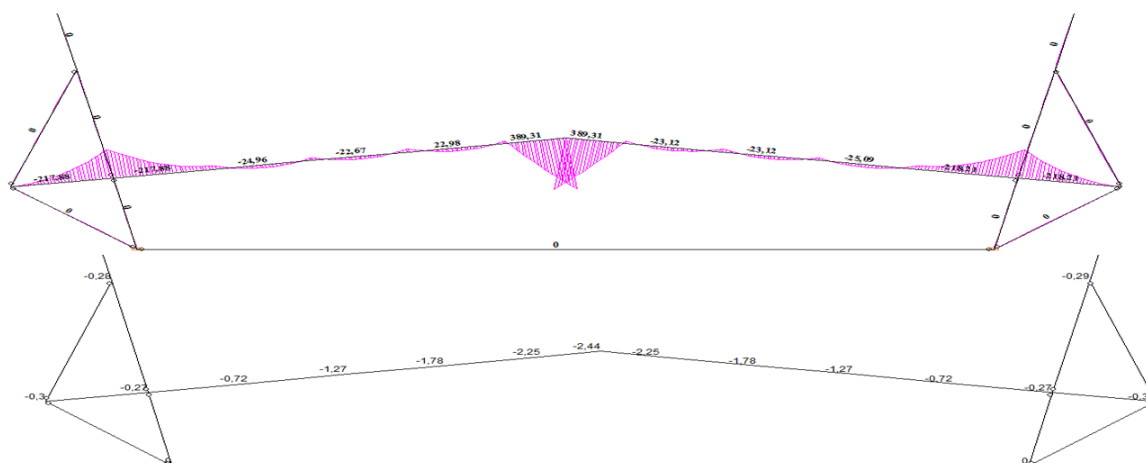


Рисунок 4 - Результаты полученных значений

Полученные данные свидетельствуют о том, что введение контурных преднапряженных затяжек способствует перераспределению усилий в пространственной системе, снижая экстремальные значения напряжений в наиболее нагруженных элементах. С точки зрения механики сооружений это обусловлено формированием дополнительного силового контура, который частично воспринимает растягивающие усилия и тем самым уменьшает интенсивность внутренних сил в основных несущих элементах.

Таким образом, регулируемое предварительное напряжение затяжек может рассматриваться как эффективный инструмент оптимизации напряженно-деформированного состояния плитно-структурных покрытий, обеспечивающий повышение их надежности и более рациональное использование материала без увеличения массы конструкции.

**Заключение.** Проведенное исследование подтвердило, что регулирование напряженно-деформированного состояния строительных конструкций посредством предварительного напряжения является перспективным и технически обоснованным направлением повышения их эксплуатационной надежности и эффективности. Современная практика располагает широким спектром методов создания предварительного напряжения, различающихся по конструктивной реализации, способу передачи усилий и области применения. Многообразие этих решений позволяет адаптировать технологию регулирования НДС к конкретным типам конструктивных систем — балочным, рамным и пространственным.

Вместе с тем установлено, что при формировании предварительного напряжения необходимо учитывать физико-механические особенности материалов. Для стальных и железобетонных элементов существенное влияние оказывают явления ползучести, релаксации напряжений, температурные воздействия, а также изменения влажностного режима. Игнорирование указанных факторов может привести к частичной потере первоначально заданного эффекта преднапряжения и, как следствие, к снижению эффективности регулирования внутренних усилий.

Разработанный алгоритм управления напряженно-деформированным состоянием, основанный на целенаправленном введении регулируемых усилий, продемонстрировал высокую результативность при апробации на расчетных моделях различной сложности. Моделирование показало, что корректирующее предварительное напряжение обеспечивает перераспределение внутренних усилий, снижение экстремальных значений изгибающих моментов и продольных сил, а также формирование более равномерного напряженного состояния элементов.

Сопоставление результатов численного анализа с экспериментальными данными, полученными в исследованиях Н.Д. Корсуна и В.Н. Алехина, свидетельствует о высокой степени сходимости расчетных и опытных показателей. Это подтверждает корректность принятой методологической базы и достоверность предложенного алгоритма регулирования.

## Список литературы

1. Тимошенко, С.П. Теория упругости [Текст] / С.П.Тимошенко, Дж.Н. Гудьер. — М.: Наука, 1979.
2. Губанов, И.И. Сопrotивление материалов [Текст] / И.И. Губанов. — М.: Высшая школа, 2002.
3. Баженов, В.А. Металлические конструкции [Текст] / В.А. Баженов. — М.: Стройиздат, 1986.
4. Trahair N.S., Bradford M.A., Nethercot D.A. The Behaviour and Design of Steel Structures. — London: CRC Press, 2008.
5. Eurocode 3. EN 1993-1-1: Design of steel structures. — Brussels, 2005.
6. American Institute of Steel Construction. Steel Construction Manual. — Chicago, 2017.
7. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.

УДК 624.042.7:624.131

**Э.Т.Токторалиев, А.Б. Бактыбеков, А.Н. Бегалиев, И.А. Джамбаева, И.М. Макеев**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**E.T. Toktoraliyev, A.B. Baktybekov, A.N. Begaliyev, I.A. Dzhambaeva, I.M. Makeev**  
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
erkin.mukanbetova@mail.ru

## АНАЛИЗ МНОГОУРОВНЕВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

### ЗАМАНБАП СЕЙСМОТУРУКТУУЛУК ТЕОРИЯСЫНДА КӨП ДЕҢГЭЭЛДҮҮ ДОЛБООРЛОО ЫКМАСЫН ТАЛДОО

### ANALYSIS OF MULTI-LEVEL DESIGN IN MODERN SEISMIC ENGINEERING THEORY

*Бул макалада заманбап сейсмоструктурдук инженериясынын теориясында көп деңгээлдүү долбоорлоонун концептуалдык негиздери жана практикалык ишке ашырылышы каралат. Жүрүш-турумга негизделген долбоорлоо (Performance-Based Design, PBD) ыкмасынын эволюциясы талданып, бир деңгээлдүү сейсмикалык текшерүүдөн ар кандай кайталануу мөөнөттөрүнө ээ болгон бир нече чектик абалдарды камтыган ыктымалдык негиздеги алкакка өтүү баса белгиленет. Сейсмикалык интенсивдүүлүк, жер кыртышынын эң жогорку ылдамдануусу (PGA) жана ашып кетүүнүн жол берилген ыктымалдыгынын ортосундагы байланыш өзгөчө көңүл борборунда турат.*

*Изилдөөдө долбоордук сейсмикалык таасирлерди белгилөө, чектик абалдардын критерийлерин аныктоо жана конструкциялардын ийкемдүү чектен кийинки жүрүм-турумун моделдештирүү менен байланышкан методикалык маселелер каралат. Сейсмикалык жоопту талдоонун алкагында зыяндын топтолушу, катуулуктун төмөндөшү жана энергияга негизделген бузулуу критерийлери изилденет. Долбоордук жер титирөө таасирлерин аныктоодо ишенимдүүлүк теориясын жана заманбап инструменталдык сейсмикалык маалыматтарды интеграциялоонун зарылдыгы негизделет.*

Макалада долбоордук, орточо жана максималдуу эсептик жер титирөөлөр шартында конструкцияларды эсептөөнүн бирдиктүү методикасын иштеп чыгууга багытталган илимий жана колдонмолук милдеттердин жыйындысы сунушталат. Сунушталган ыкма сейсмикалык аймактарда тобокелге негизделген чечим кабыл алууну жакшыртууга жана имараттар менен инфраструктура объектилеринин экономикалык жана конструктивдик натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган.

**Түйүндүү сөздөр:** көп деңгээлдүү долбоорлоо; жүрүм-турумга негизделген долбоорлоо; сейсмоструктуулук инженериясы; чектик абалдар; сейсмикалык коркунуч; жер кыртышынын эң жогорку ылдамдануусу (PGA); зыянын топтолушу; конструкциянын ишенимдүүлүгү; сызыктуу эмес талдоо; сейсмикалык тобокелдикти баалоо.

*В статье рассматриваются концептуальные основы и практическая реализация многоуровневого проектирования в современной теории сейсмостойкости. Проанализирована эволюция подхода проектирования, основанного на поведении конструкций (Performance-Based Design, PBD), с акцентом на переход от одноуровневой сейсмической проверки к вероятностной модели, учитывающей несколько предельных состояний с различной повторяемостью. Особое внимание уделено взаимосвязи между интенсивностью землетрясения, пиковым ускорением основания (PGA) и допустимой вероятностью превышения расчетного воздействия.*

*В работе рассмотрены методические проблемы назначения расчетных сейсмических воздействий, определения критериев предельных состояний и моделирования поведения конструкций за пределами упругой стадии. В контексте анализа сейсмического отклика исследуются вопросы накопления повреждений, деградации жесткости и применения энергетических критериев разрушения. Обоснована необходимость интеграции положений теории надежности и современных инструментальных сейсмических данных в процедуру определения расчетных уровней сейсмических воздействий.*

*Сформулирован комплекс научных и прикладных задач, направленных на разработку единой методики расчета сооружений при действии проектного, умеренного и максимального расчетного землетрясений. Предлагаемый подход ориентирован на совершенствование риск-ориентированного принятия решений и повышение экономической и конструктивной эффективности зданий и объектов инфраструктуры в сейсмоактивных регионах.*

**Ключевые слова:** многоуровневое проектирование; проектирование, основанное на поведении; сейсмостойкость; предельные состояния; сейсмическая опасность; пиковое ускорение основания (PGA); накопление повреждений; надежность конструкций; нелинейный анализ; оценка сейсмического риска.

*The article examines the conceptual foundations and practical implementation of multi-level design in modern seismic engineering theory. The evolution of the performance-based design (PBD) approach is analyzed, emphasizing the transition from single-level seismic verification to a probabilistic framework incorporating multiple limit states with different recurrence intervals. Particular attention is given to the relationship between seismic intensity, peak ground acceleration (PGA), and acceptable exceedance probability.*

*The study discusses methodological challenges associated with assigning design seismic actions, defining limit state criteria, and modeling structural behavior beyond the elastic range. The issues of damage accumulation, stiffness degradation, and energy-based failure criteria are considered within the context of seismic response analysis. The necessity of integrating reliability theory and modern instrumental seismic data into the procedure for determining design ground motions is substantiated.*

*The paper formulates a set of scientific and applied tasks aimed at developing a unified methodology for calculating structures under design, moderate, and maximum considered*

*earthquakes. The proposed approach is intended to improve risk-based decision-making and enhance the economic and structural efficiency of buildings and infrastructure in seismic regions.*

**Key words:** *multi-level design; performance-based design; seismic engineering; limit states; seismic hazard; peak ground acceleration (PGA); damage accumulation; structural reliability; nonlinear analysis; seismic risk assessment.*

**Введение.** Переход к многоуровневой концепции проектирования в теории сейсмостойкости стал результатом эволюции представлений о надежности сооружений при редких, но потенциально катастрофических воздействиях. К началу XXI века в научном сообществе сформировалось понимание того, что расчет конструкции по единственному расчетному уровню землетрясения не обеспечивает достаточной полноты оценки ее эксплуатационных и предельных характеристик. В этой связи была принята парадигма проектирования с учетом нескольких уровней сейсмического воздействия, соответствующих различным предельным состояниям [1].

В отечественной научной школе идея дифференцированного подхода к расчету сооружений была сформулирована Л.Ш. Килимником в середине 1970-х годов [2]. Практически одновременно аналогичная концепция получила развитие в Новой Зеландии в трудах Р. Парка и Д. Доврика [3, 4]. В международной практике данный подход закрепился под названием *Performance-Based Design (PBD)*, что отражает его ориентацию на обеспечение заданных эксплуатационных характеристик сооружения при различных сценариях воздействия.

Современная теория сейсмостойкости предполагает рассмотрение нескольких предельных состояний, различающихся по степени допустимого повреждения и вероятности наступления. В наиболее упрощенном варианте выделяются два уровня: эксплуатационное предельное состояние (SLS), при котором сохраняется функциональная пригодность объекта, и предельное состояние по несущей способности (ULS), соответствующее исчерпанию прочностного ресурса конструкции [5]. Соответствующие этим состояниям расчетные воздействия обозначаются как проектное и максимальное расчетное землетрясение [6].

В европейской нормативной практике переход к многоуровневому проектированию был закреплен введением Еврокода 8 [7]. В последующих исследованиях М. Фардис обосновал необходимость включения промежуточного уровня воздействия с контролируемым уровнем повреждений [8]. Аналогичная методология принята в ряде стран Азии, включая Японию и Китай, где многоуровневый расчет регламентирован национальными нормативами [6].

Особый интерес представляет опыт Италии, где нормативные документы предусматривают четыре предельных состояния: эксплуатационное (OLS), состояние повреждения (DLS), предельное по несущей способности (ULS) и состояние обрушения (CLS) [9]. Каждому из них соответствует минимальный период повторяемости воздействия, определяемый на основе базового расчетного периода. Такой вероятностный подход позволяет увязать требуемый уровень надежности с социально-экономической значимостью сооружения.

В российских нормах в настоящее время основное внимание уделяется расчету на действие максимального расчетного землетрясения с повторяемостью порядка 500 лет по картам ОСП-2012 [10]. Это значение занимает промежуточное положение между европейскими уровнями ULS и CLS, однако полноценная система многоуровневого проектирования пока не реализована в нормативном объеме.

**Теоретическая часть.** Реализация многоуровневой концепции требует последовательного решения ряда принципиальных задач.

Во-первых, необходимо определить совокупность предельных состояний и установить допустимую вероятность их наступления. Данный этап предполагает учет как инженерных, так и социально-экономических факторов, включая уровень допустимого риска [11].

Во-вторых, требуется назначить расчетные сейсмические воздействия для каждого предельного состояния. При этом необходимо установить зависимость между повторяемостью события, интенсивностью землетрясения и инструментальными характеристиками, прежде всего пиковым ускорением основания (PGA). Несмотря на длительную историю исследований, вопрос определения расчетных значений PGA остается дискуссионным [12].

В отечественной практике благодаря работам Ф.Ф. Аптикаева были предложены инструментально обоснованные значения ускорений, закрепленные в государственных стандартах [13, 14], однако их интеграция в действующие строительные нормы требует дальнейшего согласования. В европейской системе Еврокод 8 задает требуемую повторяемость воздействия, оставляя проектировщику выбор конкретного значения ускорения [7].

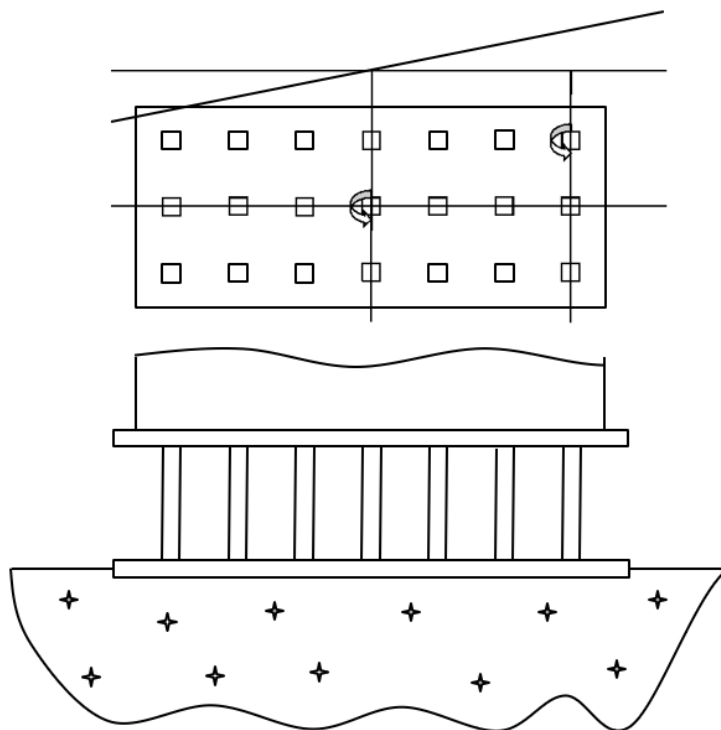


Рисунок 1 – Проектирование колонн для зданий

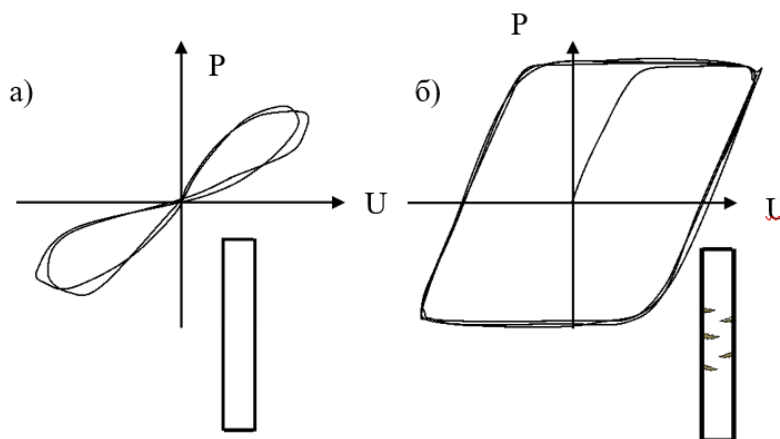


Рисунок 2 - Диаграммы «нагрузка–перемещение», характеризующие работу центральных (а) и периферийных (б) колонн здания

В-третьих, необходимо сформировать адекватную расчетную модель сооружения и определить критерии наступления предельных состояний. Для упругой стадии работы

критерий очевиден — превышение предела упругости. Однако описание поведения конструкции в неупругой области существенно сложнее, поскольку требует учета пластических деформаций, деградации жесткости и циклического характера нагружения [15].

Исследования показывают, что даже симметричные системы при переходе в неупругую стадию могут демонстрировать асимметричное поведение вследствие незначительных различий в прочностных характеристиках элементов [16]. Это приводит к развитию крутильных форм колебаний и неравномерному накоплению повреждений.

Для упругопластических систем в качестве критерия предельного состояния может использоваться энергетический показатель — работа сил пластического деформирования [17]. В системах с деградирующей жесткостью применяется коэффициент повреждаемости [18], однако единая методология оценки повреждений в задачах сейсмостойкости пока не сформирована.

Наконец, четвертая задача связана с разработкой сценариев накопления повреждений. В настоящее время отсутствует универсальный интегральный показатель, позволяющий количественно описать степень повреждения сооружения. В качестве потенциального критерия может рассматриваться экономический ущерб или риск, определяемый математическим ожиданием потерь с учетом их дисперсии [19].

#### **Собственные исследования.**

Высокочастотное землетрясение в районе, где преобладают гибкие по динамическим характеристикам сооружения, как правило, не вызывает значительных повреждений. В этом случае спектральные параметры воздействия не совпадают с собственными периодами колебаний зданий, вследствие чего амплитуды отклика остаются ограниченными, и событие может быть классифицировано как слабое или умеренное.

Однако в зоне застройки малоэтажными и жесткими зданиями, обладающими малыми периодами собственных колебаний, то же самое сейсмическое воздействие способно вызвать существенные инерционные усилия и значительные разрушения. В такой ситуации интенсивность землетрясения будет оцениваться как высокая.

Использование интегрального показателя силы землетрясения, учитывающего динамическое взаимодействие «грунт–сооружение», позволяет избежать подобной неоднозначности. При таком подходе воздействие оценивается с учетом его реального влияния на различные типы конструкций, то есть фактически «выявляет» наиболее уязвимые объекты. Это обеспечивает более объективную и инженерно обоснованную оценку сейсмической опасности.

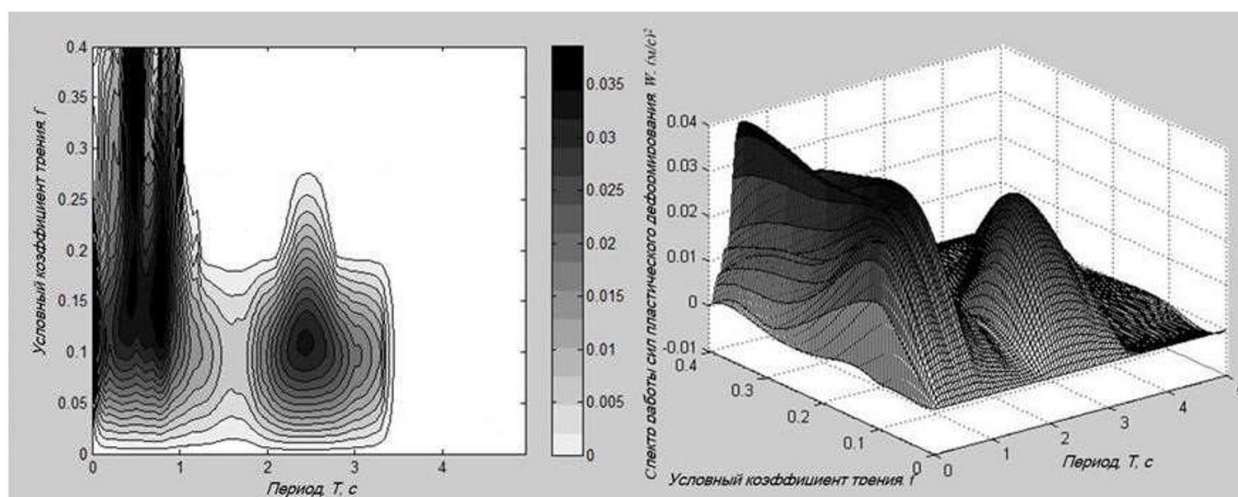


Рисунок 3 - Диаграмма распределения энергии, затраченной на пластическое деформирование элементов конструкции

Практический опыт расчетного обоснования сооружений в рамках многоуровневой концепции проектирования в настоящее время остается ограниченным, а результаты подобных исследований представлены в научной литературе фрагментарно. Отсутствие

систематизированных методик затрудняет широкое внедрение вероятностно-ориентированного подхода в инженерную практику.

В связи с этим в настоящем исследовании сформулирован комплекс приоритетных научно-прикладных задач.

1. Разработать и реализовать методику назначения расчетных уровней сейсмического воздействия для различных предельных состояний с учетом их допустимой повторяемости, опираясь на современную инструментальную интерпретацию шкалы интенсивности землетрясений.
2. Сформировать расчетный алгоритм определения напряженно-деформированного состояния сооружений при действии проектного землетрясения, обеспечивающий корректное описание упругой стадии работы конструкций.
3. Уточнить методы анализа сооружений при воздействии умеренных и максимальных расчетных землетрясений с учетом возможного перехода элементов в неупругую область и развития повреждений.
4. Продемонстрировать практическую применимость предложенных подходов на примерах расчета реальных объектов различного конструктивного типа.

Решение поставленных задач предполагает проведение комплексного анализа параметров сейсмической опасности территории с учетом современных достижений сейсмологии. Особое значение имеет статистическая оценка повторяемости пиковых ускорений основания в увязке с инструментальной составляющей шкалы интенсивности.

На следующем этапе с использованием положений теории надежности формируются расчетные значения ускорений, соответствующие заданным вероятностям превышения. Расчет сооружений выполняется методами строительной механики и динамики конструкций с учетом уровня воздействия и критериев рассматриваемых предельных состояний как для системы в целом, так и для ее отдельных элементов.

Для анализа поведения конструкции за пределами упругости требуется применение положений теории накопления повреждений и энергетических критериев разрушения, позволяющих учитывать деградацию жесткости и прочности при циклическом нагружении.

Практическая реализация разработанной методики невозможна без использования современных программных комплексов численного моделирования, а также создания специализированных вычислительных модулей, обеспечивающих автоматизацию процедур задания расчетных воздействий и оценки повреждаемости сооружений.

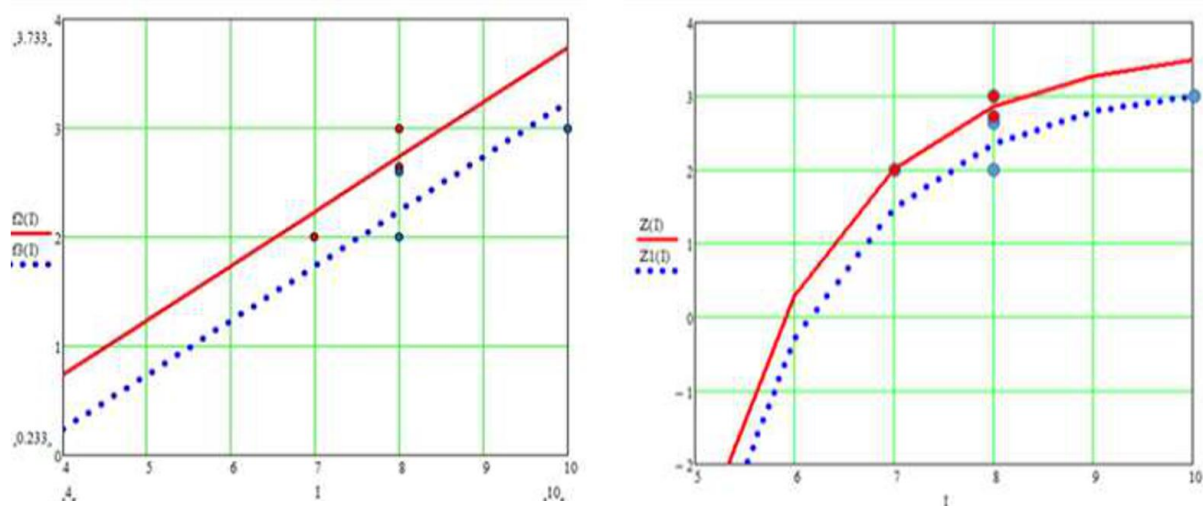


Рисунок 4 - Логарифмические зависимости повторяемости сейсмических воздействий для двух районов при расчетных уровнях ситуационной сейсмичности:

для первого района —  $I_A = 7, I_B = 8, I_C = 8$ ;

для второго района —  $I_A = 8, I_B = 8, I_C = 10$ .

Таблица 1. – Зависимость расчетной интенсивности землетрясения (в баллах) от уровня ситуационной сейсмичности территории и заданной допустимой повторяемости сейсмических воздействий

№	Ситуационная сейсмичность	Допустимая повторяемость сотрясений						
		50 лет	100 лет	300 лет	500 лет	1000 лет	5000 лет	10000 лет
1	6-6-7	4,6456	5	5,5616	5,8228	6,1771	7	7,3543
2	6-6-8	3,2912	4	5,1233	5,6456	6,3543	8	8,7087
3	6-7-7	4,4627	4,9255	5,6589	6	6,4627	7,5372	8
4	6-7-8	4,1326	4,7347	5,6889	6,1326	6,7347	8,1326	8,7347
5	6-8-8	2,9255	3,8510	5,3179	6	6,9255	9,0744	10
6	7-7-8	5,6456	6	6,5616	6,8228	7,1771	8	8,3543
7	7-8-8	5,4627	5,9255	6,6589	7	7,4627	8,5372	9
8	7-8-9	5,1326	5,7347	6,6889	7,1326	7,7347	9,1326	9,7347
9	8-8-9	6,6456	7	7,5616	7,8228	8,1771	9	9,3543
10	8-8-10	5,2912	6	7,1233	7,6456	8,3543	10	10,7087
11	8-9-9	6,4627	6,9255	7,6589	8	8,4627	9,5372	10
12	8-9-10	6,1326	6,7347	7,6889	8,1326	8,7347	10,1326	10,7347
13	8-10-10	4,9255	5,8510	7,3179	7,9999	8,9255	11,0744	12
14	9-9-10	7,6456	8	8,5616	8,8228	9,1771	10	10,3543
15	9-10-10	7,4627	7,9255	8,6589	9	9,4627	10,5372	11

**Заключение.** Многоуровневое проектирование является современным этапом развития теории сейсмостойкости и ориентировано на вероятностно обоснованное управление уровнем риска. Реализация данной концепции требует совершенствования методов задания расчетных воздействий, разработки критериев повреждаемости и уточнения моделей поступругого поведения конструкций. Комплексное решение указанных задач позволит обеспечить более обоснованное и экономически рациональное проектирование сооружений в сейсмоактивных районах.

Ранее была установлена количественная взаимосвязь между допустимой повторяемостью предельного состояния и соответствующим расчетным уровнем интенсивности землетрясения, выраженным в баллах. Однако балльная характеристика не может рассматриваться в качестве непосредственного расчетного параметра при выполнении инженерного анализа динамического отклика сооружений. Для целей проектирования требуется задание инструментально измеряемой величины сейсмического воздействия, основным показателем которой является пиковое ускорение основания — PGA.

В инженерной практике величина PGA традиционно назначается на основе действующих нормативных документов и шкал интенсивности, согласно которым для уровня 9 баллов расчетное ускорение принималось равным  $4 \text{ м/с}^2$  [20, 21]. Развитие данного подхода получило отражение в работах О.А. Сахарова, предложившего определять значение PGA с учетом ситуационной сейсмичности строительной площадки. Это позволило дифференцировать уровни воздействия для проектного и максимального расчетного землетрясений с учетом региональных особенностей [22].

Дополнительным фактором, влияющим на назначение расчетных ускорений, является преобладающий период колебаний, фиксируемый на акселерограммах. Соответствующая зависимость PGA от спектральных характеристик воздействия была исследована А.А. Долгой [23]. Однако предложенные зависимости основывались на прежних нормативных значениях

ускорений [20, 21], что ограничивает их применение в условиях обновленной нормативной базы.

В настоящее время введена новая редакция шкалы интенсивности, существенно изменившая инструментальные параметры сильных землетрясений. В частности, для уровня 9 баллов величина PGA увеличена с 4 до 7 м/с<sup>2</sup>, тогда как для слабых воздействий изменения носят минимальный характер. Для уровней 6–7 баллов значения ускорений практически совпадают с ранее действовавшими.

Повышение расчетного ускорения для интенсивных землетрясений приводит к нарушению принятого в строительных нормах принципа пропорционального изменения параметров при переходе на один балл интенсивности. В результате возникает методологическая несогласованность между балльной оценкой и инструментальными характеристиками воздействия.

В сложившейся ситуации представляется необходимой разработка унифицированной методики определения расчетных сейсмических воздействий, основанной на вероятностном подходе. Такая методика должна обеспечивать определение расчетных значений PGA по заданной допустимой вероятности их превышения на конкретной строительной площадке, с учетом современных инструментальных данных и положений теории надежности. Реализация указанного подхода требует создания специализированных программных средств, позволяющих автоматизировать процедуру перехода от балльной интенсивности к расчетным ускорениям и обеспечить их согласование с принятыми уровнями предельных состояний.

### Список литературы

1. Chopra A.K. Dynamics of Structures. — Pearson, 2017.
2. Килимник Л.Ш. Основы расчета сооружений при сейсмических воздействиях [Текст] / Л.Ш. Килимник. — М.: Стройиздат, 1975.
3. Park R. Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing. — Bulletin of NZNSEE, 1988.
4. Dowrick D.J. Earthquake Resistant Design. — Wiley, 1977.
5. Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. Displacement-Based Seismic Design of Structures. — IUSS Press, 2007.
6. Fajfar P. Seismic Design Principles. — Wiley, 2012.
7. Eurocode 8. EN 1998-1: Design of Structures for Earthquake Resistance. — Brussels, 2004.
8. Fardis M.N. Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings. — Springer, 2009.
9. Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC). — Rome, 2018.
10. ОСП-2012. Карты общего сейсмического районирования территории РФ. — М.: 2012.
11. Cornell C.A., Krawinkler H. Progress and Challenges in Seismic Performance Assessment. — PEER Report, 2000.
12. Kramer S.L. Geotechnical Earthquake Engineering. — Prentice Hall, 1996.
13. Аптикаев Ф.Ф. Сейсмическое воздействие и расчет сооружений [Текст] / Ф.Ф. Аптикаев. — М.: 2000.
14. ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Инструментальные характеристики.
15. Clough R.W., Penzien J. Dynamics of Structures. — McGraw-Hill, 1993.
16. Paulay T., Priestley M.J.N. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. — Wiley, 1992.
17. Мелешко В.В. Пластические деформации и устойчивость сооружений [Текст] / В.В. Мелешко. — М.: Наука, 1984.
18. Kunnath S.K., Reinhorn A.M. Modeling of Inelastic Seismic Response. — ASCE Journal of Structural Engineering, 1990.

19. Ang A.H-S., Tang W.H. Probability Concepts in Engineering. — Wiley, 2007.
20. Нормативные рекомендации по определению расчетных сейсмических воздействий.
21. Шкала интенсивности землетрясений (инструментальная редакция).

УДК 624.012.45

**Муканбет кызы Э., Нурлан кызы А., Д.А. Рахматов, Н.М.Саяков, А.Н.Суховольский**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**Mukanbet kyzy E., Nurlan kyzy A., D. A.Rakhmatov, N. M. Sayakov, A. N. Sukhovolsky**  
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
erkin.mukanbetova@mail.ru

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ СООРУЖЕНИЙ**

### **СЕЙСМОТУРУКТУУ КУРУЛМАЛАРДЫ ЭСЕПТӨӨ ЖАНА ДОЛБООРЛОО ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

#### **FEATURES OF CALCULATION AND DESIGN OF SEISMIC-RESISTANT STRUCTURES**

*Бул макалада курулуштарды сейсмикалык таасирлерден коргоо жана алардын сейсмостойктуулугун камсыз кылуу боюнча негизги принциптер каралат. Зилзала учурунда имараттардын жүрүм-турумун аныктаган компоновка өзгөчөлүктөрү, конструктивдик схемалар жана виброзащита системалары талданат. Сейсмоизоляция, энергияны жутуучу демпферлер жана инерциялык массаларды колдонуу имараттын туруктуулугун жогорулатуудагы негизги ыкмалар катары көрсөтүлөт. Ошондой эле MSK, EMS жана Рихтер шкалаларынын классификациялары берилет. Макалада сейсмикалык эсептөөнүн негизги ыкмалары — линиялык жана линиялык эмес статикалык жана динамикалык анализдер, ошондой эле передаточтук жана импульстук функциялар ыкмасынын колдонулушу баяндалат.*

**Түйүндүү сөздөр:** сейсмостойктуулук, зилзала, динамикалык анализ, сейсмоизоляция, демпфер, инерциялык демпфер, виброзащита, конструктивдик схема, спектралдык мүнөздөмөлөр, линиялык эмес анализ.

*В статье рассматриваются особенности расчёта и проектирования сейсмостойких сооружений с учётом спектральных характеристик землетрясений, свойств грунтов основания и конструктивных параметров зданий. Приводятся общие принципы компоновки сооружений, методы повышения жёсткости и устойчивости несущей системы, а также современные подходы к применению виброзащитных и демпфирующих устройств, включая инерционные демпферы и системы сейсмоизоляции. Описаны действующие международные и отечественные сейсмические шкалы (MSK, EMS, Рихтера) и их практическое значение. Особое внимание уделено методам расчёта конструкций — линейному и нелинейному статическим методам, нелинейному динамическому анализу, а также методу передаточных и импульсных переходных функций. Представленные результаты позволяют уточнить влияние параметров динамической работы и изменение конструктивной схемы здания при*

сейсмических воздействиях, что повышает точность инженерных расчётов и надёжность проектируемых сооружений.

**Ключевые слова:** сейсмостойкость, землетрясения, динамический анализ, сейсмоизоляция, демпферы, инерционный демпфер, виброзащита, методы расчёта, нелинейный анализ, спектральные характеристики, конструктивная схема, горизонтальные перемещения, передаточные функции, энергетическое рассеяние, шкала Рихтера, шкала MSK, шкала EMS.

*This article examines key principles for ensuring the seismic resistance of structures and protecting them from earthquake effects. It analyzes architectural configuration factors, structural schemes, and vibration control systems that influence the seismic behavior of buildings. Seismic base isolation, energy-dissipating dampers, and inertial mass systems are highlighted as effective methods for improving structural stability. The MSK, EMS, and Richter scales are discussed for classifying earthquake intensity. The article also reviews major seismic analysis methods—linear and nonlinear static and dynamic approaches, as well as the method of transfer and impulse response functions.*

**Key words:** seismic resistance, earthquake, dynamic analysis, seismic isolation, dampers, inertial damper, vibration control, structural scheme, spectral characteristics, nonlinear analysis.

Введение. Общие положения, связанные с расчётом и проектированием зданий с учётом возможных последствий землетрясений, условно подразделяются на два основных направления: рекомендации по компоновке сооружения и выбор конструктивных схем, обеспечивающих сейсмостойкость.

Общие рекомендации по компоновке сооружений. Помимо факторов, связанных с назначением здания, его архитектурной схемой, этажностью и планировкой, необходимо учитывать прогнозируемую интенсивность землетрясений, их спектральные характеристики, тип грунта основания и другие параметры.

Для зданий сложной формы в плане (например, имеющих разноуровневые или выступающие элементы) особое значение имеет правильное устройство антисейсмических швов и контроль их технического состояния.

Жёсткость и сейсмостойкость сооружения зависят от совместной работы всех несущих элементов — вертикальных и горизонтальных. К ключевым мерам повышения устойчивости относятся:

- корректный выбор узловых соединений;
- проверка проектных решений методом конечных элементов;
- строгий контроль монтажа конструкций на всех стадиях строительства.

Выбор конструктивных схем. Для снижения ущерба от сейсмических воздействий в конструкцию включают элементы, способные изменять свои жёсткостные характеристики при колебаниях — вплоть до контролируемого частичного разрушения. Существуют два основных подхода:

1. **Дополнительные связи** включены в конструктивную схему заранее, но вступают в работу при достижении определённых горизонтальных перемещений (обычно вблизи зоны резонанса).

2. **Изменение упругих характеристик** отдельных элементов, что изменяет динамическое поведение сооружения и увеличивает его энергорассеивающую способность.

Системы виброзащиты и сейсмоизоляции позволяют управлять количеством энергии, передаваемой от колебаний грунта к сооружению. На практике применяются:

- **сейсмоизоляция основания** (рис. 1);
- **энергопоглощающие устройства (демпферы)** (рис. 2);
- **инерционные демпферы**, например, подвесные маятниковые системы (как в небоскрёбе Тайбэй), работающие в противофазе колебаниям здания и стабилизирующие конструкцию.



Рисунок 1 - Сейсмическая изоляция основания



Рисунок 2 - Сейсмический демпфер

Пример применения инерционных демпферов — система подвески массивного стального шара на тросах, соединённых с гидравлическим механизмом. При колебаниях здания шар выполняет роль маятника, перемещаясь в противоположную сторону и снижая амплитуду колебаний (рис. 3, 4).



Рисунок 3 - Инерционный демпфер на высотном здании Тайбэй

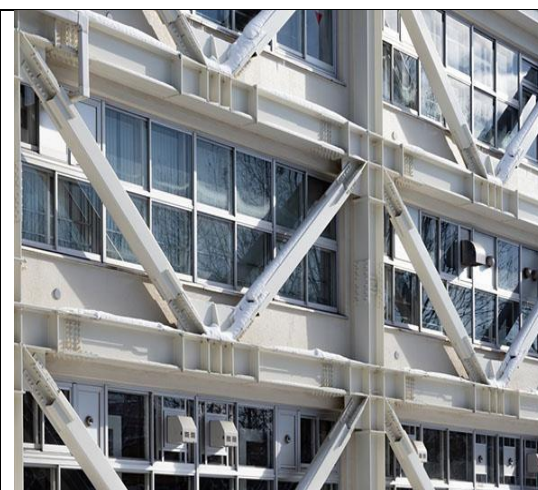


Рисунок 4 - Системы с выключающимися связями

Сейсмические шкалы: Шкала Медведева–Шпонхойера–Карника (MSK) - оценивает интенсивность сейсмических воздействий по наблюдаемым последствиям и включает 12 уровней. Широко используется в странах СНГ.

Таблица 1 - Классификация интенсивности землетрясений по шкале MSK

Интенсивность землетрясения	Землетрясения	Характеристика по MSK	Амплитуды ускорений колебаний $m/c^2$

I	Неощутимое	Не влияет на объекты	0,01
II	Едва ощутимое	Не влияет на объекты	0,01-0,02
III	Слабое	Повреждений зданий нет	0,02-0,05
IV	Интенсивное	Повреждений зданий нет.	0,05-0,1
V	Довольно сильное	Незначительный ущерб нанесен нескольким плохо построенным зданиям.	0,1-0,2
VI	Сильное	Видимые повреждения каменных конструкций, трещины в штукатурке. Отдельные трещины на земле.	0,2-0,5
VII	Повреждения зданий	Серьезные повреждения старых зданий, обрушение каменной кладки дымоходов. Небольшие оползни	0,5-1
VIII	Сильные повреждения зданий	Старые сооружения частично разрушаются или получают значительные повреждения.	1-2
IX	Обширные повреждения зданий	Значительный ущерб нанесен хорошо построенным сооружениям. Возникают трещины грунта, широко распространенные оползни.	2-5
X	Обширные разрушения зданий	Разрушены каменные здания, повреждена инфраструктура. Большие оползни.	5-10
XI	Катастрофа	Большинство зданий и сооружений разрушаются. Большие оползни, цунами.	10
XII	Изменения рельефа	Все наземные и подземные сооружения полностью разрушены.	15

Европейская макросейсмическая шкала (EMS) - включает 10 уровней и применяется в большинстве европейских стран. Подход аналогичен MSK и основан на визуальной оценке разрушений и их последствий.

Шкала магнитуды Рихтера - характеризует энергию, высвобождаемую землетрясением. Оценивает землетрясения от микрособытий (<2) до разрушительных (>9).

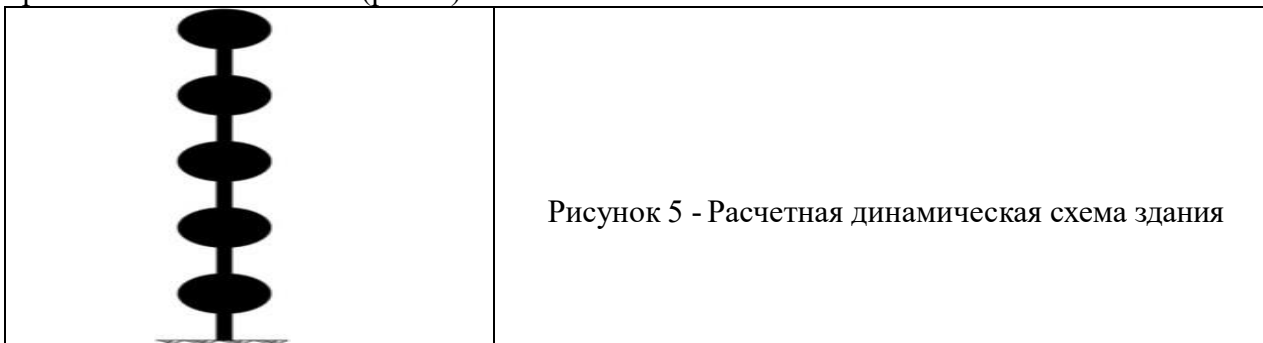
Таблица 2 - Классификация землетрясений по шкале Рихтера

Магнитуда по Рихтеру	Описание	Эффект землетрясения
<2	Микро	Микроземлетрясение не ощущается.
2-2,9	Незначительное	Не чувствуется, а записывается.
3-3,9		Часто ощущается, но редко вызывает повреждения.
4-4,9	Легкое	Заметные колебания предметов в помещении, дребезжащие звуки. Значительный ущерб маловероятен.
5-5,9	Среднее	Может нанести серьезный ущерб плохо построенным зданиям. Могут быть незначительно повреждены хорошо спроектированные здания.

6-6,9	Сильное	Может быть разрушительным в радиусе до 160 километров (100 миль) в населенных пунктах.
7-7,9	Основное	Может нанести серьезный ущерб на больших площадях.
8-8,9	Большое	Может нанести серьезный ущерб на участках в несколько сотен миль.
9-9,9		Разрушительные в радиусе нескольких тысяч миль
10+	Катастрофическое	Никогда не фиксировались

Методы расчёта конструкций на сейсмические воздействия: 1. Линейный статический метод.

Основной метод, применяемый по СП 14.13330.2018. Основан на спектральном подходе, где сейсмические силы раскладываются по формам собственных колебаний. Расчётная модель — стержневая система с сосредоточенными массами и упругими горизонтальными связями (рис. 5).



Сейсмическая нагрузка для  $i$ -й формы колебаний определяется по формуле:

$$S_{jik} = K_1 Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ji} K \quad (1)$$

Где  $K_1$  - коэффициент неупругой работы конструкций,  $Q_k$  - вес сооружения,  $A$  - значение ускорения в уровне основания,  $\beta_i$  - коэффициент динамичности (Рисунок 1.11),  $K_\psi$  - коэффициент способности сооружения к рассеиванию энергии колебаний,  $\eta_{ji}$  - коэффициент, зависящий от формы деформации здания при его собственных колебаниях.

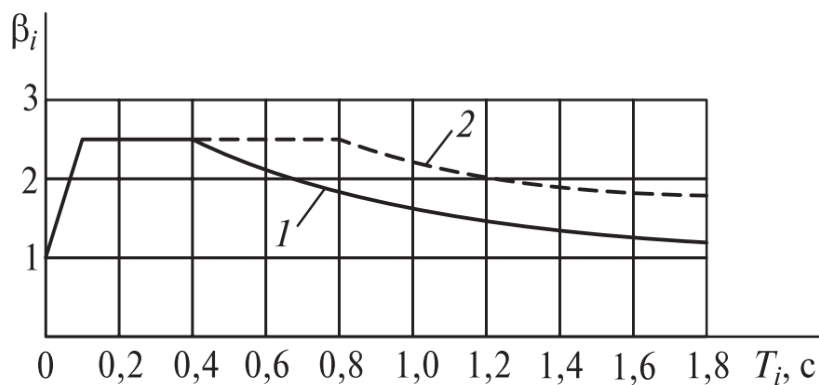


Рисунок 6 - График коэффициента динамичности  $\beta_i$

Значения  $K_1$  и  $\beta_1$ , существенно влияют на итоговые результаты и в разных источниках могут варьироваться.

2. Нелинейный статический метод. Позволяет определять предельные уровни нагрузок и ускорений. Обычно учитывает лишь первую форму собственных колебаний, принимаемую

неизменной.

3. Нелинейный динамический метод. Использует методы конечных элементов и прямое интегрирование (метод Ньюмарка и др.). Позволяет наиболее точно определить напряжённо-деформированное состояние конструкции.

Ограничивается сложностью программного обеспечения и требованиями высокой квалификации инженера.

*Метод передаточных и импульсных переходных функций.*

Применяется для систем с конечным числом степеней свободы. Позволяет упростить решение уравнений движения и избежать необходимости нормирования форм собственных колебаний.

**Выводы:** В работе применены два развитых метода динамического анализа — метод нормальных форм и метод передаточных/импульсных функций. Исследуемые задачи недостаточно представлены в нормативной и научной литературе, особенно в части:

- расчёта систем с конечным числом степеней свободы при произвольных воздействиях и нелинейностях;
- учёта выключающихся связей и горизонтально-вращательных колебаний фундаментов.

Предложенные алгоритмы позволяют уточнить коэффициент  $K_1$  и учитывать изменение конструктивной схемы здания в процессе колебаний.

### Список литературы

1. Муқанбет к.Э. Features of the influence of climatic factors at design of public buildings (case study: Kyrgyzstan): //Bishkek: KSUSTA named after N.Isanov – 2(69), 2020 –С.275-280.
2. Муқанбет к.Э., Методика разработки пакета прикладных программ (ППП) для расчета на сейсмостойкость малоэтажных жилых зданий стохастическим методом [Текст] / Муқанбет к.Э., Б.С. Матозимов, А.М. Мисирова // Вестник КГУСТА. – 2011. - № 2(32). - с.117-123.
3. Свод правил: СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. - Введ.2013-01-01. -М. Минрегиона России,2011 (Актуализированная версия СНиП 31-06-2009). – 70 с.
4. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - Москва: Изд-во станд-в, 2011. – 89 с.
5. Свод правил: СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: нормативно-технический материал. - Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. – 32 с.
6. Рякшин Е.В. Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных организаций [Текст] / Е.В. Рякшин, Е.А. Герасимов, А.В. Неплохов и др. - Екатеринбург: ГБУ СО «Институт энергоснабжения», ООО НПП «Элеком», 2010. – 251 с.
7. Свод правил: СП 131-13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01-99\*: нормативно-технический материал. - Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2012. – 109 с.

УДК 624.012.45

**Муқанбет кызы Э.,А.Ж. Бекболова, Б.Н. Айткулов, М. Абдыкеримов**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

Mukanbet kyzy E.<sup>1</sup>, A. Zh. Bekbolova, B. N. Aytkulov, M. Abdykerimov  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
erkin.mukanbetova@mail.ru

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

### СЫЗЫКТЫК ЭМЕС ДЕФОРМАЦИЯЛЫК МОДЕЛЬ КОЛДОНУУ МЕНЕН ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯСЫН КҮЧӨТҮҮНҮ ЭСЕПТӨӨ ЫКМАСЫ

### METHODOLOGY FOR CALCULATING THE STRENGTHENING OF A REINFORCED CONCRETE STRUCTURE USING A NONLINEAR DEFORMATION MODEL

*Материалдардын абал диаграммалары чыңалуу менен деформациянын функционалдык байланышын көрсөтөт. СП 63.13330.2012 стандарттарына ылайык, бул диаграммалар бетон үлгүлөрүн сыгылуудагы натыйжаларына негизделет. Бетон, темирдик арматура жана болот бурчтар үчүн чыңалуу жана деформациялык байланыштар колдонулуп, материалдардын нелинейлик касиеттерин эске алууга мүмкүндүк берет. Темир-бетон конструкцияларын ысык бышырылган бурчтар менен күчөтүү алгоритми иштелип чыгып, кесимди дискретизациялоо жана упругопластикалык деформация коэффициенттерин итеративдик тактоо принцибинде жүргүзүлөт. Бул методика кривизна жана деформацияларды так аныктоого, ошондой эле конструкциянын катуулук мүнөздөмөлөрүн эсептөөгө мүмкүндүк берет.*

**Түйүндүү сөздөр:** темир-бетон конструкциялары, деформациялык модель, деформация диаграммалары, упругопластикалык деформациялар, болот бурчтар, кысуу, тартуу, итеративдик ыкма.

*Диаграммы состояния материалов отражают функциональную зависимость между напряжениями и деформациями. В соответствии с СП 63.13330.2012 они формируются на основе осевых испытаний образцов бетона на сжатие. При расчёте железобетонных конструкций используются зависимости напряжений и деформаций для бетона, стержневой арматуры и стальных уголков, что позволяет учитывать нелинейные свойства материалов. Разработан алгоритм расчёта конструкций с усилением стальными элементами (горячекатаные уголки), основанный на дискретизации сечения и итерационном уточнении коэффициентов упругопластических деформаций. Методика обеспечивает точное определение кривизны и деформаций, а также расчёт жёсткостных характеристик конструкции.*

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, деформационная модель, диаграммы деформирования, упругопластические деформации, стальные уголки, сжатие, растяжение, итерационный метод.

*Material state diagrams describe the functional relationship between stresses and strains. According to SP 63.13330.2012, these diagrams are constructed based on axial compression tests of concrete specimens. The diagrams typically have a nonlinear form with ascending and descending branches. In reinforced concrete design, stress-strain relationships for concrete, reinforcing bars, and steel angles are used to account for the nonlinear material behavior. A calculation algorithm for structures strengthened with steel elements (hot-rolled angles) has been developed, based on cross-section discretization and iterative refinement of elastoplastic strain coefficients. The methodology allows accurate determination of curvature and deformations, as well as the calculation of stiffness characteristics of the structure.*

**Key words:** reinforced concrete structures, deformation model, stress-strain diagrams, elastoplastic strains, steel angles, compression, tension, iterative method.

**Введение.** Диаграммы состояния материалов описывают функциональную связь между напряжениями и деформациями. В соответствии с положениями СП 63.13330.2012 указанные диаграммы формируются по результатам осевых испытаний образцов бетона на сжатие. Как правило, они характеризуются криволинейной формой, включающей возрастающий участок до достижения предельных значений напряжений и деформаций, а также последующий убывающий участок.

Зависимость ключевых расчётных параметров железобетонных конструкций, выражаемая через деформации и напряжения и представленная диаграммой с восходящей и нисходящей ветвями, приведена на рисунке 1.

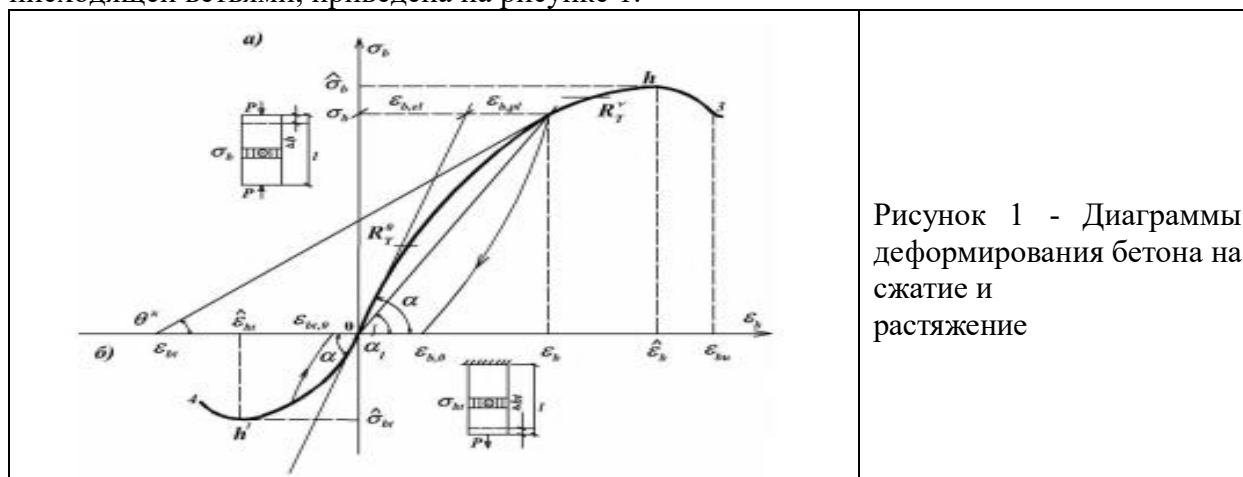


Рисунок 1 - Диаграммы деформирования бетона на сжатие и растяжение

В основу алгоритма расчёта положена нелинейная зависимость (формула 1) между напряжениями  $\sigma_b$  и деформациями  $\epsilon_b$  в бетоне. Диаграммы деформирования бетона, используемые при моделировании, подробно изложены в работе д.т.н. Н. И. Карпенко [10].

$$\epsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b^0 \cdot \nu_b}, \quad 1$$

где  $\sigma_b$  – коэффициент изменения секущего модуля бетонной части;

$\nu_b$  – значение коэффициента на начало разгрузки;

$E_b^0$  – начальный модуль упругости бетонной части [11].

Соотношение прочностных и деформативных свойств бетона отражается диаграммами « $\epsilon_b$ - $\sigma_b$ » на сжатие и « $\epsilon_{bt}$ - $\sigma_{bt}$ » при растяжении (рис. 1). Эти диаграммы формируются на основании результатов испытаний бетонных или железобетонных образцов на сжатие либо растяжение при постепенном повышении нагрузки малыми ступенями вплоть до разрушения [5].

При расчёте конструкций с использованием диаграмм состояния значения  $\sigma_b$  и  $\sigma_{bt}$  принимают в соответствии с нормативными сопротивлениями бетона  $R_{b,n}$  и  $R_{bt,n}$ , а также с расчётными характеристиками прочности  $R_b$  и  $R_{bt}$  при сжатии и растяжении соответственно [5].

Диаграммы деформирования при сжатии и растяжении имеют существенно различающиеся параметры: сопротивление бетона растяжению на порядок ниже, чем при сжатии, тогда как предельные деформации при сжатии  $\epsilon_b$  в 15 примерно в 15 раз превышают предельные деформации растяжения  $\epsilon_{bt}$  [5].

Деформативные свойства бетона характеризуются начальным модулем упругости  $E_b$ , величина которого зависит от класса бетона по прочности на сжатие, то есть от его нормативной прочности. Начальный модуль упругости тяжёлого бетона определяется по формуле 2:

$$E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{b,ei}}$$

2

где  $\sigma_b$  – напряжения сжатой части бетона;

$\varepsilon_{b,ei}$  – относительные деформации.

Модуль упругости бетона определяется при уровнях напряжений, составляющих около 20 % от расчётного сопротивления сжатию  $R_b$ . Он трактуется как функция угла наклона касательной к диаграмме деформирования, проведённой из начала координат, и характеризует исключительно упругие свойства бетонной составляющей.

Дальнейший расчёт усиления сжатой железобетонной конструкции стальными элементами (равнополочными уголками) выполняется по следующей методике. Поперечное сечение конструкции дискретизируется на участки как можно меньших размеров по сравнению с исходными геометрическими параметрами (рис. 3). В частном случае, когда изгибающий момент действует в плоскости симметрии поперечного сечения, наиболее рационально делить его на максимально узкие полосы (рис. 2). Это позволяет снизить трудоёмкость дискретизации и уменьшить количество слагаемых в разрешающих уравнениях.

По аналогичному принципу в арматурном каркасе выделяют либо отдельные стержни с их индивидуальной площадью, либо группы стержней; стальные горячекатаные уголки учитывают суммарной площадью  $A_{sj}$  и  $A_{s,ad,k}$ , соответственно [12].



В основу деформационной модели расчёта (проектирования) железобетонных конструкций по поперечному сечению, нормальному продольной оси элемента, положены следующие закономерности (формула 3\*), принятые в соответствии с основными положениями расчёта конструкций из бетона и железобетона:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{12} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{13} \cdot \varepsilon_0, \quad (3^*)$$

$$M_y = D_{12} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{22} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{23} \cdot \varepsilon_0,$$

$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{23} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{33} \cdot \varepsilon_0.$$

Для практической реализации деформационной модели применяются упрощённые формы уравнений (формула 3\*), позволяющие существенно сократить объём вычислений при сохранении требуемой точности расчёта.

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{12} \cdot \varepsilon_0, \quad 3$$

$$N = D_{12} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{22} \cdot \varepsilon_0. \quad 4$$

Рассматриваемые уравнения образуют замкнутую систему, решение которой позволяет определить кривизну  $\frac{1}{r_x}$  и деформацию продольной оси  $\varepsilon_0$ . Для решения данной системы

необходимо предварительно задать величину продольной силы  $N$  и соответствующий ей эксцентриситет  $e_0$ .

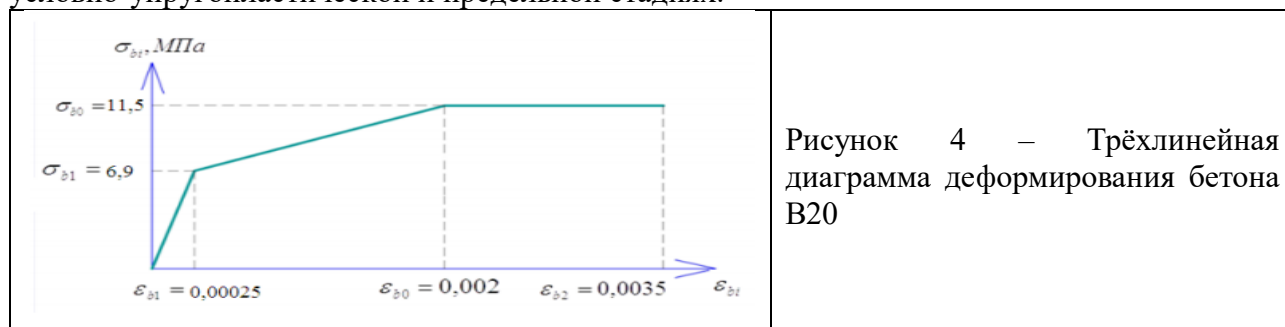
После этого вычисляются жёсткостные характеристики сечения  $D_{11}, D_{12}, D_{22}$ .

#### Собственные исследования.

Для реализации итерационного метода требуется задать начальные значения коэффициентов изменения секущего модуля. В первой итерации эти коэффициенты принимаются равными единице как для бетона  $\nu_b=1$ , так и для стержневой стальной арматуры

На первоначальном этапе расчёта также необходимо выбрать диаграммы деформирования материалов, входящих в состав железобетонного элемента. Определение напряжений и относительных деформаций производится на основе соответствующих диаграмм деформирования бетона, стержневой арматуры и стальных уголков, применяемых в конструкции.

Для бетона принята трёхлинейная диаграмма деформирования (рис. 4), обеспечивающая приближённое, но достаточно точное описание работы материала в упругой, условно-упругопластической и предельной стадиях.



На диаграмме деформирования приняты следующие значения:

$\sigma_{b0}=11,5\text{МПа}$  - соответствует расчётному сопротивлению бетона сжатию в соответствии с [9] или определяется в зависимости от класса бетона;

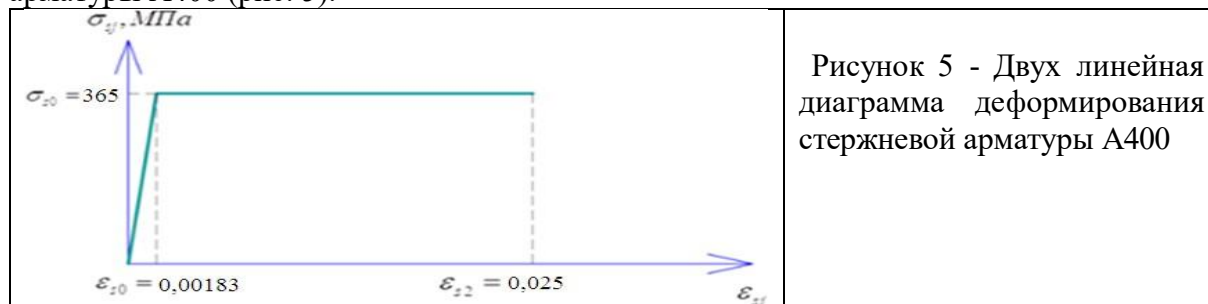
$\sigma_{b1}=6,9\text{МПа}$  — составляет 60 % от значения  $\sigma_{b0}=11,5\text{МПа}$

$\epsilon_{b1}=0,00025$  — отношение сжимающих напряжений  $\sigma_{b1}=6,9\text{МПа}$  к начальному модулю упругости бетона  $E_b=27\cdot 10^3\text{МПа}$

$\epsilon_{b0}=0,002$  принято согласно [9] для кратковременного действия нагрузки на сжатие;

$\epsilon_{b2}=0,00035$  согласно [9]

Для стержневой арматуры принята двухлинейная диаграмма деформирования с учётом класса арматуры А400 (рис. 5).



На диаграмме деформирования стержневой арматуры приняты следующие значения:

$\sigma_{s0}=365\text{МПа}$  — соответствует расчётному сопротивлению растяжению арматуры в соответствии с [9] или определяется исходя из класса арматуры;

$\epsilon_{s2}=0,00183$  — отношение расчётного сопротивления растяжению арматуры  $R_s=365\text{МПа}$  к модулю упругости арматуры  $E_s=2\cdot 10^5\text{МПа}$ ;  $\epsilon_{s0}=0,025$  принято согласно [9].

Для стального горячекатаного уголка №7 принята двухлинейная диаграмма деформирования с учётом класса стали А215 (рис. 6).

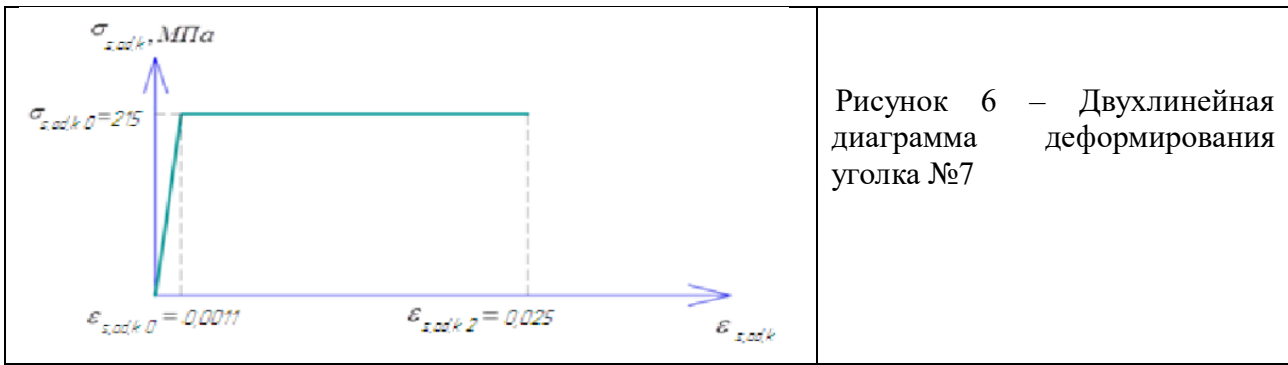


Рисунок 6 – Двухлинейная диаграмма деформирования уголка №7

На диаграмме деформирования арматуры приняты следующие значения:

$\sigma_{s,ad.k0}=330$ МПа — соответствует расчётному сопротивлению растяжению арматуры;

$\epsilon_{s,ad.k0}=0,00115$  — — отношение расчётного сопротивления растяжению арматуры

$R_{s,ad.k0}=365$ МПа к модулю упругости арматуры  $E_{s,ad.k0}=2 \cdot 10^5$  МПа;  $\epsilon_{s,ad.k2}=0,025$  принято согласно [9].

Далее определяются значения относительных деформаций на каждом индивидуальном участке бетона, стержневой арматуры и элементов усиления по следующим упрощённым выражениям (формулы 6–8):

$$\epsilon_{bi} = \epsilon_0 + \frac{1}{r_x} \cdot z_{bip} \quad 6$$

$$\epsilon_{sj} = \epsilon_0 + \frac{1}{r_x} \cdot z_{sjp} \quad 7$$

$$\epsilon_{s,ad,k} = \epsilon_0 + \frac{1}{r_x} \cdot z_{s,ad,k} \cdot \quad 8$$

После определения относительных деформаций бетона, стержневой арматуры и элементов усиления вычисляются соответствующие напряжения.

Бетон:

При  $-\epsilon_{di} < 0,00029$  напряжения определяются по диаграмме деформирования (рис. 4) как произведение начального модуля упругости на значение относительных деформаций:

$$\sigma_b = E_b \cdot \epsilon_b, \quad 9$$

- при  $-0,00029 < \epsilon_{di} < 0,002$  напряжения в бетоне определяются по формуле 10:

$$\sigma_b = \left[ \left( 1 - \frac{\sigma_{bl}}{R_b} \right) \cdot \left( \frac{\epsilon_b - \epsilon_{bl}}{\epsilon_{b0} - \epsilon_{bl}} + \frac{\sigma_{bl}}{R_b} \right) \right] \cdot R_b, \quad 10$$

- при  $-0,002 < \epsilon_{di} < 0,0035$  достижении предельной деформации напряжения бетона принимаются равными расчётному сопротивлению сжатию:

$$\sigma_b = R_b. \quad 11$$

—  $\epsilon_{di} < 0,0035$  бетон разрушается.

Арматура:

- при  $\epsilon_{dj} = 0,00175$  (диаграмма деформирования, рис. 16) напряжения в стержневой арматуре определяются как произведение модуля упругости арматуры на значение относительных деформаций:

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s, \quad 12$$

при  $0,00175 < \epsilon_{dj} = 0,0025$  напряжения в стержневой арматуре принимаются равными расчётному сопротивлению растяжению: (формула 3):

$$\sigma_s = R_s. \quad 13$$

$\epsilon_{sj} < 0,0025$  стальная арматура разрушается.

Горячекатаный уголок №7:

- при  $\epsilon_{s,ad,k} < 0$ , (диаграмма деформирования, рис. 17) напряжения в стальном уголке

определяются как произведение модуля упругости на значение относительных деформаций::

$$\sigma_{s,ad,k} = E_{s,ad,k} \cdot \varepsilon_{s,ad,k}, \quad 14$$

- при  $0,0075 < \varepsilon_{s,ad,k} < 0,0025$  напряжения в горячекатаном уголке №7 принимаются равными расчётному сопротивлению растяжению: (формула 15):

$$\sigma_{s,ad,k} = R_{s,ad,k}. \quad 15$$

-  $\varepsilon_{s,ad,k} < 0,0025$  стальная арматура разрушается.

После определения напряжений в бетоне, стержневой арматуре и элементах усиления вычисляются соответствующие коэффициенты упругопластических деформаций. Они используются для последующего уточнения результатов расчёта и определяются как отношение напряжения к произведению относительной деформации на модуль упругости материала: для бетона — на модуль деформаций  $E_b$ , для арматуры и стальных уголков — на модуль упругости  $E_s$  (формулы 16–18).

$$v_{bi} = \frac{\sigma_{bi}}{\varepsilon_{bi} \cdot E_b}, \quad 16$$

$$v_{sj} = \frac{\sigma_{sj}}{\varepsilon_{sj} \cdot E_s}, \quad 17$$

$$v_{salk} = \frac{\sigma_{salk}}{\varepsilon_{salk,m} \cdot E_{salk}}, \quad 18$$

При определении уточнённых коэффициентов упругопластических деформаций они принимаются в качестве начальных значений для последующих итераций расчёта.

Расчёт считается завершённым при выполнении условия «урегулирования» деформаций, то есть когда результаты расчёта на  $n$ -й и  $(n+1)$ -й итерациях отличаются на величину, не превышающую допустимую погрешность, установленную в предыдущей итерации.

Цикл итераций считается завершённым при выполнении условия (формула 19):

$$\sqrt{\frac{1}{3} \cdot \left[ \left( \frac{\varepsilon_{o,n-1} - \varepsilon_{o,n}}{\varepsilon_{o,n-1} + \varepsilon_{o,n}} \right)^2 + \left( \frac{\left( \frac{1}{r} \right)_{n-1} - \left( \frac{1}{r} \right)_n}{\left( \frac{1}{r} \right)_{n-1} + \left( \frac{1}{r} \right)_n} \right)^2 \right]} = \Delta, \quad 19$$

где -  $\varepsilon_{o,n-1}; \varepsilon_{o,n}$  — значение относительных деформации продольной оси  $Z$  на  $(n-1)$  и  $n$ -ой этапах расчета;

$\left( \frac{1}{r} \right)_{n-1}; \left( \frac{1}{r} \right)_n$  — значение кривизны продольной оси на  $(n-1)$  и  $n$ -ой этапах расчета.

Величина  $\Delta$  по значению невелика и зависит от требуемой точности, устанавливаемой в пределах  $10^{-3} \div 10^{-2}$

**Выводы:** Методика оценки параметров прочности и жесткости железобетонных конструкций при сложившихся внешних воздействиях подготовлена на основе известной деформационной модели расчета конструкций из бетона и стальной арматуры.

В работе приведен алгоритм расчета конструкции, усиленной присоединением стальных элементов (горячекатаных уголков). Развитие деформационной модели для рассматриваемого способа усиления сохраняется на основе основополагающих предпосылок и допущениях. Установлено, что наиболее приемлемый вариант расчета конструкции с использованием деформационной модели основан на выполнении итерационного процесса с поэтапным уточнением коэффициентов упругопластических деформаций бетонной части, стержневой арматуры и элементов усиления в итерациях.

## Список литературы

1. Муқанбет к.Э. Features of the influence of climatic factors at design of public buildings

(case study: Kyrgyzstan): //Bishkek: KS USTA named after N.Isanov – 2(69), 2020 –С.275-280.

2. Муканбет к.Э., Методика разработки пакета прикладных программ (ППП) для расчета на сейсмостойкость малоэтажных жилых зданий стохастическим методом [Текст] Муканбет к.Э., Б.С. Матозимов, А.М. Мисирова // Вестник КГУСТА. – 2011. - № 2(32). - с.117-123.

3. Свод правил: СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. - Введ.2013-01-01. -М. Минрегиона России,2011 (Актуализированная версия СНиП 31-06-2009). – 70 с.

4. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - Москва: Изд-во станд-в, 2011. – 89 с.

5. Свод правил: СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: нормативно-технический материал. - Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. – 32 с.

6. Рякшин, Е.В. Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных организаций [Текст] / Е.В. Рякшин, Е.А. Герасимов, А.В. Неплохов и др. - Екатеринбург: ГБУ СО «Институт энергоснабжения», ООО НПП «Элеком», 2010. – 251 с.

7. Свод правил: СП 131-13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01-99\*: нормативно-технический материал. - Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2012. – 109 с.

**УДК 711.4(575.2)(04)**

**К.Т. Назарбеков<sup>1</sup>, Т.С. Кенешов<sup>2</sup>**

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>ORCID: 0009-0004-8047-0666

**K.T. Nazarbekov, T.S. Keneshov**

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

nazarkutm@gmail.com , t.keneshov@mail.ru

## **ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЛОЖИВШЕЙСЯ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ В НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **НАРЫН ОБЛУСУНДА КАЛЫПТАНГАН КАЛК ЖАЙГАШУУ СИСТЕМАСЫНЫН ШААРКУРУУ АНАЛИЗИ**

### **URBAN PLANNING ANALYSIS OF THE ESTABLISHED SETTLEMENT SYSTEM IN THE NARYN REGION**

*Бул макалада ири инфраструктуралык долбоорлорду, анын ичинде «Кытай-Кыргызстан-Өзбекстан» темир жолун ишке ашыруу шартында Нарын облусунун отурукташуу системасына шааркуруу жагынан талдоо жүргүзүлгөн. Аймактын агрардык багыттан индустриалдык-транзиттик хабга айлануу процесси жана анын калктын жайгашуусуна тийгизген таасири изилденген. Демографиялык жана мейкиндик маалыматтардын негизинде негизги өсүү уюлдары аныкталган: Кочкор логистикалык түйүнү, Нарын агломерациясы жана Ат-Башы чек ара зонасы. «Билим берүү миграциясын» кошо алганда, демографиялык чакырыктарга өзгөчө көңүл бурулган. Изилдөөнүн жыйынтыгында жаңы транспорттук коридорлорду интеграциялоо, аймактык пландоо схемаларын жаңылоо жана Кочкор айылына шаар макамын берүү зарылдыгы негизделген.*

**Түйүндүү сөздөр:** отурукташуу системасы, шааркуруу жагынан талдоо, Нарын облусу, транспорттук коридорлор, аймактык пландоо, демография, урбанизация.

*В статье представлен градостроительный анализ системы расселения Нарынской области в условиях реализации масштабных инфраструктурных проектов, таких как железная дорога «Китай-Кыргызстан-Узбекистан». Исследована трансформация региона из аграрной зоны в индустриально-транзитный хаб. На основе демографических и пространственных данных выявлены ключевые полюса роста: Кочкорский логистический узел, Нарынская агломерация и приграничная зона Ат-Башы. Особое внимание уделено демографическим вызовам, включая диспропорции в социальной инфраструктуре и миграционные настроения. Сделан вывод о необходимости актуализации схем территориального планирования, создания мастер-планов для пристанционных территорий и присвоения селу Кочкор статуса города для сбалансированного развития каркаса расселения.*

**Ключевые слова:** система расселения, градостроительный анализ, Нарынская область, транспортные коридоры, территориальное планирование, демография, урбанизация [14].

*The article presents an urban planning analysis of the settlement system in the Naryn region within the context of large-scale infrastructure projects, such as the China-Kyrgyzstan-Uzbekistan railway. The transformation of the region from an agrarian area into an industrial-transit hub is investigated. Based on demographic and spatial data, key growth poles are identified: the Kochkor logistics node, the Naryn agglomeration, and the At-Bashy border zone. Particular attention is paid to demographic challenges, including infrastructural disparities and migration trends. The study concludes on the necessity of updating territorial planning schemes, developing master plans for railway station areas, and granting city status to Kochkor village to ensure the balanced development of the settlement framework.*

**Keywords:** settlement system, urban planning analysis, Naryn region, transport corridors, territorial planning, demography, urbanization.

Современный этап развития градостроительной науки в Кыргызской Республике характеризуется переосмыслением подходов к пространственному планированию высокогорных территорий. Нарынская область, занимающая центральное положение в географической структуре страны и являющаяся ключевым звеном в транснациональных коридорах, представляет собой уникальный объект для исследования. Сложившаяся здесь система расселения, сформированная под воздействием жестких природно-климатических ограничений и исторических экономических укладов, сегодня находится на пороге фундаментальных изменений. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью научного обоснования трансформации планировочной структуры региона в условиях реализации масштабных инфраструктурных проектов, заложенных в «Национальную программу развития Кыргызской Республики до 2026 года», таких как строительство железнодорожной магистрали Китай-Кыргызстан-Узбекистан и внутренней железнодорожной ветки Балыкчы-Кочкор-Кара-Кече [1]. Эти проекты неизбежно повлекут за собой сдвиги в демографической структуре, перераспределение экономических потоков и изменение функционального назначения населённых пунктов.

### **Цель исследования.**

Целью данной работы является проведение комплексного градостроительного анализа текущего состояния системы расселения Нарынской области, выявление ключевых диспропорций и определение векторов её перспективного развития. В задачи исследования входит: анализ демографической динамики в разрезе административных районов; оценка

влияния орографии и гидрографии на морфологию поселений; изучение состояния социальной инфраструктуры; прогнозирование градостроительных последствий интеграции региона в глобальную транспортную сеть «Пояса и пути». **Объектом исследования** выступает территория Нарынской области, а **предметом** – пространственная организация населения и производства.

Градостроительное планирование в условиях высокогорья требует применения специализированных теоретических моделей, отличных от классических схем равнинной урбанизации. В основе формирования системы расселения Нарынской области лежит принцип адаптации антропогенной среды к экстремальным ландшафтным условиям. Согласно градостроительным аспектам устойчивого развития горных территорий [2], поселения в таких регионах формируются по линейно-узловой схеме, следуя за геометрией речных долин и межгорных котловин. Ограниченность территорий, пригодных для селитебного и сельскохозяйственного освоения, создает высокую конкуренцию за земельные ресурсы, что диктует необходимость компактного размещения застройки.

В отличие от модели центральных мест Вальтера Кристаллера [3], где населённые пункты образуют равномерную гексагональную решетку, в условиях Тянь-Шаня наблюдается «дендритная» (древовидная) структура расселения. Главные оси расселения совпадают с гидрографической сетью реки Нарын и ее притоков, а узловые элементы (районные центры) формируются в местах слияния рек или пересечения горных перевалов. Эта естественная детерминированность делает систему расселения устойчивой к внешним воздействиям, но одновременно и инерционной, сложно поддающейся искусственной трансформации.

Современное развитие системы расселения регулируется рядом стратегических документов. Ключевым из них является «Национальная программа развития Кыргызской Республики до 2026 года», утвержденная Указом Президента КР. В документе подчеркивается необходимость реформы управления и формирования благоприятной среды для развития регионов. Особое внимание уделяется преодолению диспропорций в социально-экономическом развитии областей и созданию точек экономического роста [4]. Для Нарынской области это означает переход от дотационной модели к модели самодостаточного развития, базирующейся на использовании транзитного потенциала и ресурсов горнодобывающей промышленности.

План действий Кабинета министров на 2026 год конкретизирует эти задачи, выделяя четыре направления: развитие промышленности (с целью удвоения объемов к 2030 году), создание региональных хабов, поддержка сельского хозяйства (увеличение переработки на 30%) и туризма [1]. Эти директивы задают новые функциональные параметры для системы расселения: населенные пункты должны трансформироваться из мест проживания аграрного населения в центры агропромышленной переработки и сервисного обслуживания транспортных коридоров.

#### **Материалы и методы исследования.**

Исследование базируется на системном подходе, рассматривающем расселение как сложную социо-эколого-экономическую систему. В работе применены следующие методы: 1) статистический анализ – обработка демографических данных Национального статистического комитета КР и Нарынского областного управления статистики за период 2020-2024 гг. [4]; картографический и пространственный анализ – изучение конфигурации транспортных коридоров, включая трассировку проектируемых железных дорог [7], для выявления зон потенциальной урбанизации; контент-анализ – изучение программных документов и новостных сводок о ходе реализации инфраструктурных проектов [9] для верификации сроков и масштабов строительства; сравнительный анализ – сопоставление показателей развития

различных районов области (Кочкорского, Джумгалского, Ат-Башинского) для выявления внутрирегиональных дисбалансов.

Материалами для исследования послужили данные государственных органов, публикации в научных изданиях и специализированных СМИ. Особое внимание уделено верификации данных из различных источников для обеспечения достоверности выводов.

**Природно-ландшафтный и экологический каркас расселения.** Нарынская область – самый высокогорный регион страны, где более 70% территории занято хребтами Тянь-Шаня. Это предопределяет очаговый характер расселения. Население сконцентрировано в нескольких изолированных друг от друга межгорных впадинах, каждая из которых формирует свою локальную подсистему расселения.

1. **Нарынская впадина.** Является центральным ядром системы. Здесь расположен административный центр области – город Нарын. Расселение носит линейный характер, вытягиваясь узкой лентой вдоль реки Нарын, зажатой между хребтами Нарын-Тоо и Молдо-Тоо. Ширина селитебной зоны часто не превышает 1-2 км, что создает дефицит территорий для расширения города и пригородных сел.
2. **Кочкорская долина.** Расположена на северо-востоке области и имеет наиболее благоприятные условия для сельского хозяйства и расселения. Широкая долина позволяет формировать более плотную и разветвленную сеть поселений. Близость к Чуйской области и озеру Иссык-Куль делает эту зону наиболее интегрированной в общенациональную экономику.
3. **Ат-Башинская долина.** Высокогорная котловина (свыше 2000 м над уровнем моря), отделенная от Нарынской впадины хребтом. Расселение здесь привязано к руслу реки Ат-Башы. Суровый климат ограничивает возможности растениеводства, поэтому планировочная структура сел ориентирована на животноводство (наличие обширных хозяйственных дворов, близость к джайлоо).
4. **Джумгалская долина.** Находится на северо-западе области. Это зона со сложным рельефом, где расселение фрагментировано. Основными драйверами здесь выступают не только сельское хозяйство, но и горнодобывающая промышленность (угольный разрез Кара-Кече), что формирует специфический тип промышленных поселений (с. Чаек, с. Мин-Куш).

**Климатические ограничения и экологическая ёмкость.** Суровые климатические условия (продолжительная зима, низкие температуры) накладывают отпечаток на плотность застройки и инженерную инфраструктуру. Высокая сейсмичность региона требует соблюдения особых норм при строительстве, что удорожает развитие поселений. Экологическая ёмкость долин ограничена: интенсивный выпас скота приводит к деградации пастбищ вокруг населённых пунктов, а отсутствие централизованных систем канализации в сельской местности создает угрозу загрязнения водных ресурсов.

**Демографический анализ и динамика человеческого капитала.** Демографический фактор является индикатором жизнеспособности сложившейся системы расселения. Несмотря на сложные условия проживания, Нарынская область демонстрирует устойчивый положительную динамику численности населения, что коррелирует с общереспубликанскими показателями. Согласно данным Национального статистического комитета, население Кыргызстана выросло с 6,5 млн человек в 2020 году до более 7 млн в 2023 году [5].

Таблица 1 - Численность постоянного населения районов Нарынской области (начало 2024 г.)

Административная единица	Всего (чел.)	Мужчины (чел.)	Женщины (чел.)	Соотношение (м/ж)
Кочкорский район	70 184	35 618	34 566	1.03
Ат-Башинский район	61 907	31 227	30 680	1.02
Нарынский район	53 682	27 593	26 089	1.06

Жумгалский район	49 237	25 035	24 202	1.03
------------------	--------	--------	--------	------

Примечание: Данные по Ат-Башиинскому району реконструированы на основе сводных таблиц Нарынского статкомитета.

Анализ таблицы показывает, что Кочкорский район является демографическим лидером области (исключая город Нарын как самостоятельную административную единицу). Это объясняется его выгодным экономико-географическим положением. Высокая плотность населения в Кочкорской долине создает предпосылки для формирования агломерационных процессов. Джумгалский район, несмотря на наличие промышленности, остается наименее населенным, что может свидетельствовать о недостаточной привлекательности среды обитания в промышленных зонах или их вахтовом характере. Гендерная структура населения во всех районах характеризуется небольшим преобладанием мужского населения. Это может быть связано как с особенностями рождаемости, так и с миграционными процессами: возможно, часть женского населения активнее мигрирует в столицу в поисках работы в сфере услуг, тогда как мужчины остаются занятыми в традиционном животноводстве.

Согласно статистическому анализу образовательной сферы, доступность социальных благ и развитость инфраструктуры выступают ключевыми факторами закрепления населения и формирования качественной системы расселения, отражая актуальную возрастную структуру и миграционные настроения в регионе.

Таблица 2 - Динамика показателей образования в Нарынской области (2020-2024 гг.)

Год	Дошкольные организации (число детей)	Общеобразовательные школы (число учеников)	ВУЗы (число студентов)
2020	11 420	65 283	3 102
2021	11 720	65 735	3 006
2022	12 128	65 423	3 536
2023	12 380	64 933	3 292
2024	13 815	64 318	3 804

Источник: составлено по данным Национального статистического комитета КР [10].

Анализ данных выявляет следующие тенденции:

- 1) **Рост нагрузки на дошкольные учреждения.** За 5 лет численность детей в детских садах выросла на **21%** (с 11,4 тыс. до 13,8 тыс.). Это свидетельствует о высокой рождаемости в предыдущие годы и растущей потребности молодых семей в социальной поддержке. Градостроительное это требует резервирования участков под строительство новых детских садов в генеральных планах всех населенных пунктов.
- 2) **Стагнация и спад в школьном звене.** Численность школьников сократилась с 65,7 тыс. в 2021 году до 64,3 тыс. в 2024 году. Этот тревожный сигнал может указывать на миграцию семей с детьми школьного возраста в Бишкек и Чуйскую область ради более качественного образования. Данная тенденция угрожает будущему демографическому воспроизводству региона.
- 3) **Рост студенческого контингента.** Увеличение числа студентов ВУЗов (с 3,1 тыс. до 3,8 тыс.) может быть связано с развитием Университета Центральной Азии (УЦА) в г. Нарын и Нарынского государственного университета. Это позитивный фактор, превращающий областной центр в образовательный хаб, удерживающий молодежь.
- 4) **Трансформация транспортно-логистического каркаса.** Исторически система расселения Нарынской области формировалась вдоль гужевых трактов, а позже – автомобильной дороги Бишкек-Нарын-Торугарт. В настоящее время регион переживает трансформацию транспортного каркаса, связанную с реализацией двух мегапроектов, которые кардинально изменят градостроительную ситуацию.

**Железная дорога Китай-Кыргызстан-Узбекистан (ЖД ККУ).** Этот проект является частью глобальной инициативы «Один пояс - один путь» и призван создать южный коридор

Евразийского транзита. Протяженность маршрута по территории Кыргызстана составит 311 км, значительная часть которого пройдет через Нарынскую область [12].

**Характеристика трассы и влияние на расселение:** Маршрут **Торугарт – Арпа – Макмал** – Джалал-Абад проходит через труднодоступные и малонаселенные районы [11].

**Участок Торугарт – Арпа.** Долина Арпа, ранее использовавшаяся исключительно как сезонное пастбище, станет зоной активного хозяйственного освоения. Строительство железнодорожной инфраструктуры потребует создания здесь постоянных поселений для обслуживающего персонала (путейцев, пограничников, таможенников). Это фактически означает рождение новой полосы расселения в высокогорье.

1. **Тоннельные переходы.** Проект предусматривает строительство сложнейших инженерных сооружений: Тоннель «Нарын №1» (перевал Джаман-Даван): протяженность 12,5 км [6]; Тоннель «Кош-Добо» (с. Казарман): протяженность 13,2 км; Тоннель «Фергана»: протяженность 12,2 км. Строительство таких объектов займет около 6 лет и потребует размещения крупных вахтовых городков строителей [12]. Градостроительная задача – предусмотреть их последующую конверсию в постоянные поселки или туристические базы, чтобы избежать появления «городов-призраков» после завершения стройки.
2. **Станция Макмал.** Здесь планируется создание перегрузочного терминала для смены колеи с китайского стандарта (1435 мм) на широкий стандарт (1520 мм) [12]. Макмал станет мощнейшим логистическим хабом («сухим портом»). Хотя административно он тяготеет к Тогуз-Торо, его влияние распространится на западные районы Нарынской области (Ак-Талинский район), создавая рабочие места и стимулируя маятниковую миграцию.

Всего на трассе планируется построить 20 станций и разъездов, 48 мостов и 27 тоннелей [7]. Такая плотность инженерных сооружений превращает железную дорогу в новый градоформирующий фактор, сравнимый по значению с рекой Нарын.

**Железная дорога Балыкчы – Кочкор – Кара-Кече.** Второй стратегический проект нацелен на обеспечение энергетической безопасности страны путем транспортировки угля с месторождения Кара-Кече. Строительство участка Балыкчы–Кочкор началось в 2022 году [9].

**Влияние на Кочкорский планировочный узел.** Село Кочкор фактически превращается в главный железнодорожный узел Северного Кыргызстана. Сюда приходит ветка из Балыкчы, и отсюда она пойдет на юг к угольным разрезам. В перспективе возможно соединение этой ветки с магистралью ЖД ККУ (через соединительную линию на Макмал), что замкнет железнодорожное кольцо внутри страны [9]. Для села Кочкор это означает: – необходимость резервирования обширных территорий под станционные пути, склады, угольные терминалы; – изменение функционального зонирования: – появление промышленных зон, требующих санитарно-защитных разрывов от жилой застройки; – потенциальное присвоение статуса города в связи с ростом численности населения и изменением структуры занятости.

**Влияние на Джумгалский район.** Для депрессивных поселков Джумгала (Чаек, Кара-Кече, Мин-Куш) железная дорога станет «дорогой жизни». Стабильный вывоз угля позволит нарастить добычу, что привлечет инвестиции и население. Планировочная структура этих поселений должна быть пересмотрена с учётом роста грузопотоков и необходимости снижения экологического ущерба от транспортировки угля.

В соответствии с правительственными программными документами, экономический базис и функциональное зонирование территорий Нарынской области претерпевают трансформацию, меняя профиль региона с аграрного на индустриально-аграрный.

**Промышленность и энергетика.** Правительство ставит цель удвоить объем промышленной продукции к 2030 году и создать не менее пяти технопарков. В Нарынской области за 9 месяцев произведено продукции почти на 11 млрд сомов, преимущественно в горнодобывающем секторе [1]. Градостроительный анализ показывает необходимость формирования промышленных кластеров: 1) угольный кластер (Кара-Кече) – развитие добычи

углехимии, требующее создания специализированной промышленной зоны, удаленной от жилья, но связанной с ним транспортом; 2) золоторудный кластер (Солтон-Сары и др.) – локальные промышленные узлы, требующие вахтового метода освоения; энергетический кластер - акцент на «зелёную энергетику», включая строительство ГЭС на реке Нарын (Верхне-Нарынский каскад) [1]. Строительство ГЭС всегда влечет за собой создание поселков гидростроителей, которые затем становятся центрами рекреации или обслуживания.

**Агропромышленный комплекс.** Планируется увеличение переработки сельхозпродукции на 30% [1]. Сложившаяся система расселения с мелкими разрозненными селами затрудняет логистику сырья. Решением является создание сети опорных центров переработки в районных центрах (Ат-Башы, Кочкор), куда будет стекаться продукция с периферии. Требуется выделения в генеральных планах районных центров зон для пищевой промышленности с подводом необходимых коммуникаций (вода, очистные сооружения и т.д.).

**Туристическо-рекреационный потенциал.** Туризм выделен как одно из четырех ключевых направлений развития. Основные точки притяжения (озеро Сон-Куль, караван-сарай Таш-Рабат, долина Эки-Нарын) находятся в удалении от основных населённых пунктов. Формируется дисперсная рекреационная система расселения: юрточные лагеря, гостевые дома, глэмпинги. Она носит сезонный характер, но требует жесткого регулирования для сохранения ландшафтов. Железная дорога ККУ, проходящая вблизи туристических зон, может увеличить поток туристов, что потребует создания инфраструктуры «последней мили» (дороги, парковки, визит-центры) на станциях.

#### **Обсуждение результатов.**

**Диспропорции и риски.** Анализ выявил ряд существенных проблем, препятствующих сбалансированному развитию системы расселения:

- 1) **Неравномерность развития.** Кочкорский район и г. Нарын концентрируют основную экономическую активность, в то время как периферийные села Джумгалского и Ак-Талинского районов стагнируют. Железная дорога может усилить этот разрыв, если не будут предприняты меры по связности территорий.
- 2) **«Тоннельный эффект».** Существует риск, что международная магистраль ЖД ККУ станет лишь транзитным коридором, по которому грузы будут пронесены мимо региона, не создавая добавленной стоимости на местах. Чтобы этого избежать, необходимо строительство логистических центров и «сухих портов» непосредственно на территории области (например, в районе Ат-Башы или на станции Макмал), где будет осуществляться переработка и сортировка грузов.
- 3) **Управленческий дефицит.** В Национальной программе отмечается наличие проблем в менеджменте и необходимость демонтажа неэффективной системы управления [4]. В градостроительном аспекте это проявляется в отсутствии актуальных генеральных планов у многих сел, хаотичной застройке и слабом контроле за землепользованием.

**Сценарии развития.** На основе проведенного анализа можно выделить два сценария трансформации системы расселения: 1) **инерционный** – сохранение существующей структуры с постепенным оттоком населения из мелких сел в г. Нарын и с. Кочкор (в этой сценарии транспортные коридоры функционируют изолированно от местной экономики); 2) **инновационный (кластерный)** – формирование полицентрической системы расселения с развитыми узлами в Кочкоре (логистика, промышленность), Нарыне (образование, администрация, цифровые услуги), Ат-Башы (торговля, логистика) и Джумгале (энергетика) (жд интегрируется в ткань региона через сеть подъездных путей и терминалов).

#### **Выводы.**

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о переходе системы расселения Нарынской области в фазу активной трансформации, где наряду с гидрографией ключевую роль начинают играть новые транспортные коридоры (ЖД ККУ и Север-Юг). В структуре региона четко оформляются три полюса роста: Кочкорский логистический узел, Нарынская агломерация как центр человеческого капитала и приграничный торговый шлюз

Торугарт – Ат-Башы. Для эффективного управления этими процессами и преодоления демографических вызовов – в частности, дефицита мест в детских садах на фоне оттока школьников – необходимо принять комплекс мер: от актуализации Схемы территориального планирования с резервированием земель под инфраструктуру до присвоения селу Кочкор статуса города. Стратегическое развитие также должно включать создание мастер-плана для станции Макмал и строгое соблюдение экологических норм при индустриализации, что позволит сбалансировать экономический рывок с сохранением пастбищного и туристического потенциала региона.

Таблица 3 - Основные векторы развития

Направление	Ключевое действие
Планирование	Актуализация Схемы территориального развития под новые ЖД пути.
Урбанизация	Присвоение селу Кочкор статуса города областного значения.
Социальная сфера	Строительство детских садов в Кочкорском и Ат-Башинском районах.
Новые точки	Разработка мастер-плана территории станции Макмал.

Реализация данных рекомендаций позволит гармонизировать систему расселения, снизить межрайонные диспропорции и эффективно использовать уникальный транзитный потенциал Нарынской области в интересах ее жителей.

### Список литературы

1. План действий Кабинета Министров Кыргызской Республики на 2026 год в рамках реализации Национальной программы развития Кыргызской Республики до 2026 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://open.kg/news/economy/67009-kabmin-utverdil-plan-dejstvuj-na-2026-god.html> (дата обращения: 13.02.2026).
2. Гиясов, А.И. Градостроительные аспекты устойчивого развития горных территорий [Текст] / А.И. Гиясов // Academia. Архитектура и строительство. – 2025. – № 4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnnye-aspekty-ustoychivogo-razvitiya-gornyh-territoriy> (дата обращения: 13.02.2026).
3. Christaller, W. Central Places in Southern Germany [Text] / W. Christaller; trans. by C. W. Baskin. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 1966.
4. О Национальной программе развития Кыргызской Республики до 2026 года Указ Президента КР от 12 октября 2021 года № 435 // Централизованный банк данных правовой информации Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/430700/edition/13462/ru>.
5. Население Кыргызстана // Национальный статистический комитет Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Население\\_Кыргызстана](https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_Кыргызстана) (дата обращения: 2024).
6. Население Ат-Башинского и Жумгалского районов // Нарынское областное управление статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://narynstat.ktnet.kg/>.
7. A New Link in Global Trade: The China-Kyrgyzstan-Uzbekistan Railway // Caspian Policy Center. – URL: <https://caspianpolicy.org/research/middle-corridor/a-new-link-in-global-trade-the-china-kyrgyzstan-uzbekistan-railway-and-its-role-in-the-middle-corridor>.
8. China-Kyrgyzstan-Uzbekistan railway: 48 bridges to be built // 24.kg News Agency. – URL: [https://24.kg/english/327956\\_\\_China-Kyrgyzstan-Uzbekistan\\_railway\\_48\\_bridges\\_to\\_be\\_built\\_](https://24.kg/english/327956__China-Kyrgyzstan-Uzbekistan_railway_48_bridges_to_be_built_/).
9. Rails Through the Mountains: Kyrgyzstan Breaks Ground on Historic China-Uzbekistan Rail Link // The Times of Central Asia. – URL: <https://timesca.com/rails-through-the-mountains-kyrgyzstan-breaks-ground-on-historic-china-uzbekistan-rail-link/>.
10. Construction commences on three critical tunnels along CKU Railway // China Daily. – URL: [https://www.chinadaily.com.cn/a/202504/29/WS6810e628a310a04\\_af22bceab.html](https://www.chinadaily.com.cn/a/202504/29/WS6810e628a310a04_af22bceab.html).

11. Образование в Нарынской области // Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Открытые данные [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://stat.gov.kg/kg/opendata/category/5978/>.

12. China–Kyrgyzstan–Uzbekistan railway Route Details // Wikipedia. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/China%E2%80%93Kyrgyzstan%E2%80%93Uzbekistan\\_railway](https://en.wikipedia.org/wiki/China%E2%80%93Kyrgyzstan%E2%80%93Uzbekistan_railway).

13. Construction of three tunnels in the China-Kyrgyzstan-Uzbekistan Railway // Seetao. – URL: <https://www.seetaoe.com/details/245110.html>.

14. Мазманов, Я.С. Город и городские образования их взаимосвязь с природноландшафтными доминантами [Текст] / Я.С. Мазманов, Т.С. Кенешов // Известия КГТУ. - Бишкек:2023.-№1(65). С.533.-542.

**УДК659.125.29:005.412(575.2)**

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

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

## **ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

### **КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ТУРИЗМДИН ӨНУГҮШҮНҮН НЕГИЗГИ ТАРЫХЫЙ ЭТАПТАРЫ**

### **THE MAIN HISTORICAL STAGES OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE KYRGYZ REPUBLIC**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Примеры аспектов, анализируемых в его работах:

- Создание туристских баз и маршрутов. Уже в советское время по всей республике строились станции юных туристов, дома отдыха, турбазы «Иссык-Куль», «Сары-Челек», «Арсланбоб». Это становилось не только инфраструктурой для отдыха, но и частью социальной культуры массового туризма.

- Рост участия населения в туристической деятельности. Организованные походы, экскурсии, спортивно-туристские секции становились распространенными явлениями: число участников выросло с десятков тысяч в послевоенные годы до сотен тысяч к концу 1960-х гг.

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

**Сыдыкбекова Н.К.** — устойчивое развитие туризма и региональная дифференциация. Работы Сыдыкбековой Н.К. (имя может фигурировать также как Н.К.Сыдыкова в источниках диссертаций и публикаций по экономике регионального развития) посвящены сбалансированному развитию туризма в регионах Кыргызстана. Основные направления: анализ природно-рекреационных и социально-экономических факторов развития туризма;

выявления региональных различий в потенциале и уровне освоения туристических ресурсов; формулирование критериев устойчивого туризма.

Примеры идей и выводов:

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

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

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

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

Примеры выводов и подобных сравнительных исследований:

- Горные регионы обладают высоким потенциалом для приключенческого туризма (трекинг, альпинизм, рафтинг), но их развитие сдерживается из-за отсутствия инфраструктуры и специальных программ поддержки.

- Успешное развитие туристических территорий требует сочетания природных ресурсов, доступности и устойчивого управления, что подтверждается и международными работами по области горного и экологического туризма.

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

### **1. Традиционный (досоветский) этап развития туризма.**

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

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

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

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

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

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

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

### 4. Современный этап характеризуется:

- Развитием экологического, этнического и сельского туризма;
- Вовлечением местных сообществ;
- Ориентацией на устойчивое развитие территорий.

По мнению Н.К.Сыдыкбековой, современный туризм в Кыргызстане развивается фрагментарно и требует комплексного градостроительного подхода, учитывающего природный потенциал и социально-экономические условия регионов. [5]

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

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

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

На современном этапе развитие туризма в Кыргызстане характеризуется усилением роли экологического, этнокультурного, горного и приключенческого туризма, что обусловлено природно-ресурсным потенциалом страны и растущим мировым спросом на устойчивые и аутентичные формы путешествий. Вместе с тем сохраняются структурные проблемы —

недостаточный уровень инфраструктуры, сезонность, институциональные ограничения и зависимость от внешнеполитической и эпидемиологической конъюнктуры.[6]

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

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

### Список литературы

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

УДК 72:721.012.2

**А.А. Манатова, Д.Д. Омуралиев**

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

**A.A. Manatova, D.D. Omuraliev**

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic  
manatovaaidana8@gmail.com

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ  
ПРОСТРАНСТВА ПРИДОРОЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**ЖОЛ ЖАГЫНДАГЫ КОМПЛЕКСТЕРДИН АРХИТЕКТУРАСЫН ДОЛБООРУ,**

## КУРУУ ЖАНА ИЗИЛДӨӨ

### DESIGN, CONSTRUCTION AND RESEARCH OF THE ARCHITECTURE OF ROADSIDE COMPLEXES

*Бул изилдөө жол жээгиндеги инфраструктуранын архитектурасынын өнүгүү закон ченемдүүлүктөрүн изилдейт, алардын тарыхый эволюциясын, заманбап дизайн тенденцияларын талдайт жана туруктуу, функционалдык жактан натыйжалуу жана региондук багыттагы жол боюндагы тейлөө объекттерин түзүү принциптерин иштеп чыгат. Изилдөөнүн максаты – көп функционалдуу жол тейлөө объектилери катары жол боюндагы комплекстерди түзүүнүн жана өнүктүрүүнүн принциптерин аныктоо, алардын транспорттук инфраструктура системасындагы жана региондук өнүгүүсүндөгү ролун аныктоо, ыңгайлуу, коопсуз жана эстетикалык экспрессивдүү чөйрөнү түзүү үчүн аларды долбоорлоодо архитектуралык жана аймактык-маданий мамиленин маанилүүлүгүн аныктоо.*

**Түйүндүү сөздөр:** сөздөр: жол боюндагы комплекс архитектурасы, жол боюндагы сервис, транспорттук инфраструктура, функционалдык райондооштуруу, туруктуу өнүгүү, энергетикалык натыйжалуулук, экологиялык туруктуулук, аймактык иденттүүлүк.

*Данное исследование посвящено изучению закономерностей формирования архитектуры придорожных комплексов, анализу их исторической эволюции, современных тенденций проектирования и разработке принципов создания устойчивых, функционально эффективных и регионально ориентированных объектов придорожного сервиса. Цель исследования — выявить принципы формирования и развития придорожных комплексов как многофункциональных объектов дорожного сервиса, определить их роль в системе транспортной инфраструктуры и регионального развития, а также выявить значение архитектурного и регионально-культурного подхода при их проектировании для формирования комфортной, безопасной и эстетически выразительной среды.*

**Ключевые слова:** архитектура придорожных комплексов, придорожный сервис, транспортная инфраструктура, функциональное зонирование, устойчивое развитие, энергоэффективность, экологическая устойчивость, региональная идентичность.

*This study examines the patterns of development of roadside infrastructure architecture, analyzes their historical evolution, modern design trends, and develops principles for creating sustainable, functionally efficient, and regionally oriented roadside service facilities.*

*The purpose of this study is to identify the principles of formation and development of roadside complexes as multifunctional road service facilities, define their role in transport infrastructure and regional development, and elucidate the importance of an architectural and regional-cultural approach to their design in creating a comfortable, safe, and aesthetically expressive environment.*

**Keywords:** roadside complex architecture, roadside service, transport infrastructure, functional zoning, sustainable development, energy efficiency, environmental sustainability, regional identity.

**Введение.** Современное развитие транспортной инфраструктуры оказывает значительное влияние на формирование архитектурной среды вдоль автомобильных дорог. В условиях роста мобильности населения, увеличения интенсивности автомобильных перевозок и развития туризма возрастает необходимость создания комфортных, безопасных и функционально организованных придорожных комплексов. Такие объекты становятся важной частью транспортной системы и одновременно элементом градостроительной структуры региона. Современные требования к данным объектам включают не только обеспечение базовых услуг, но и учет принципов энергоэффективности, экологической устойчивости, экономической целесообразности и безопасности. Особое значение приобретает

формирование архитектурного образа придорожных комплексов, способного отражать региональные особенности, культурные традиции и природный контекст территории. В связи с этим актуальным является изучение исторического развития придорожной инфраструктуры, анализ зарубежного опыта проектирования и выявление современных тенденций в данной области.

*Общие сведения о придорожных комплексах.* История придорожных комплексов, или, как их еще называют, многофункциональных зон дорожного сервиса, связана с развитием автомобильного транспорта и дорожной инфраструктуры. Они возникли как необходимость предоставить водителям и пассажирам удобства и сервисы во время поездок, такие как питание, отдых, техническое обслуживание и другие полезные услуги. Они способствуют развитию туризма и облегчают длительные поездки.

**Придорожные комплексы** — это многофункциональные объекты инфраструктуры, расположенные вдоль автомобильных дорог и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения (водителей, пассажиров, туристов и транспортных компаний).

Основная классификация придорожных комплексов:

- **Заправочные станции:**

Функциональные объекты, предназначенные для дозаправки транспортных средств топливом, а также предоставляющие дополнительные услуги, такие как магазины, кафе и туалеты.

- **Придорожные гостиницы (мотели):**

Объекты размещения, предназначенные для кратковременного отдыха водителей дальних рейсов, автотуристов и туристических групп.

- **Придорожные рестораны и кафе:**

Объекты общественного питания, предоставляющие услуги по обслуживанию водителей и пассажиров.

- **Придорожные магазины:**

Магазины, предлагающие широкий ассортимент товаров для водителей, пассажиров и автотуристов.

- **Места отдыха и парковки:**

Объекты, обеспечивающие комфортный отдых и парковку для водителей и пассажиров.

- **Туалеты:**

Санитарно-гигиенические объекты, обеспечивающие комфорт для всех посетителей.

- **Информационные пункты:**

Места, где водители могут получить информацию о маршруте, достопримечательностях и других сервисах.

*Развитие придорожных комплексов* — это исторически закономерный процесс. Становление придорожных комплексов необходимо рассматривать в параллели с двумя большими этапами развития транспорта — «домеханический» и «механический», предопределяемыми, в первую очередь, господствующим видом транспорта в ту или иную эпоху. В «домеханический» этап основными участниками движения и, соответственно, клиентами придорожного сервиса являлись путник, извозчик и само транспортное средство (лошадь, телега, карета и пр.).

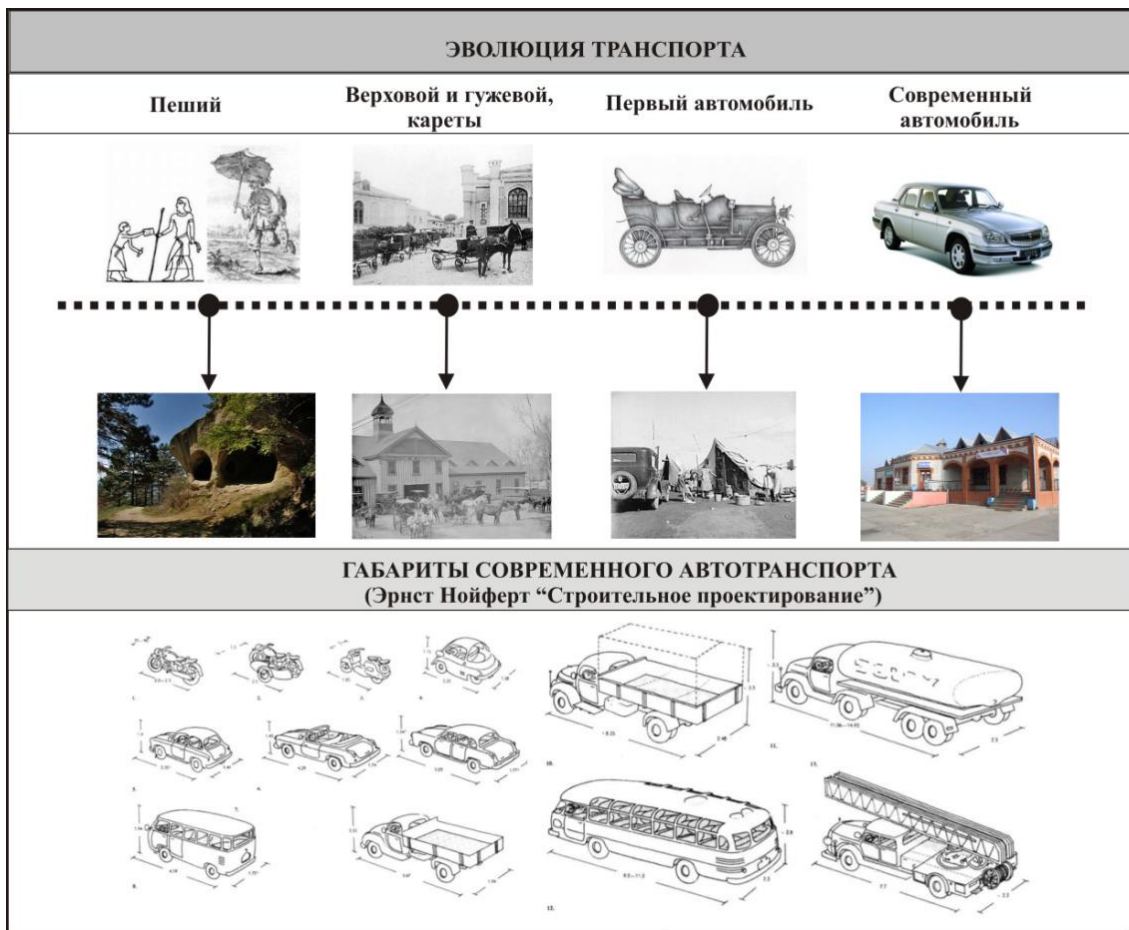


Рисунок 1 - Эволюция транспорта

**Архитектура зданий и сооружений придорожного комплекса.** Архитектурный образ и состав объектов придорожных комплексов имеют большое значение для развития регионов, могут способствовать увеличению потока деловых и туристических поездок. Для автомобилистов внешний облик придорожного комплекса является важным критерием выбора места остановки.

По архитектуре зданий путешественники могут судить не только о качестве услуг придорожного комплекса, но и в целом об отличительных чертах и уровне развития региона. Все более эти объекты рассматриваются как источник информации о регионе и о стране в целом. Прослеживается стремление согласовать архитектурно-художественное решение объектов придорожного сервиса со сложившимся архитектурным ансамблем автомобильной дороги, вдоль которой они расположены. Желаемой считается возможность предоставить путешественникам через архитектуру объектов придорожного обслуживания почувствовать местный колорит, вплоть до национальных традиций, в том числе гостеприимства и приемов формирования среды.

*Архитектурная среда придорожного комплекса* включает в себя все физические объекты, которые формируют пространство вокруг дороги, такие как здания, сооружения, благоустройство, озеленение и элементы дорожной инфраструктуры. Она играет ключевую роль в создании комфорта, безопасности и эстетической привлекательности для водителей и пешеходов.



Рисунок 2 – Зона придорожного сервиса TotalEnergies с деревянным каркасным зданием

Современные требования к проектированию придорожных комплексов включают в себя не только функциональность и комфорт, но и экологическую устойчивость, экономическую эффективность и безопасность. Проекты должны учитывать последние тенденции в развитии инфраструктуры, быть адаптивными к изменениям климата и дорожного движения, а также обеспечивать долговечность и минимальные эксплуатационные затраты.

#### 1. Функциональность и комфорт:

- Эффективные системы организации движения: проектирование должно учитывать потоки транспорта, предусматривая удобные развязки, парковки, зоны отдыха и сервисные пункты.
- Многофункциональные объекты: придорожные комплексы могут включать в себя не только заправки и рестораны, но и магазины, гостиницы, зоны отдыха для водителей, а также общественные пространства.
- Безопасность и комфорт для водителей: важно предусмотреть зоны отдыха, туалеты, информационные системы, а также обеспечить доступность услуг для людей с ограниченными возможностями.

#### 2. Экологическая устойчивость:

- Сокращение воздействия на окружающую среду: при проектировании нужно учитывать минимальное воздействие на ландшафт, минимизировать выбросы, использовать экологически чистые материалы и внедрять системы очистки сточных вод.
- Использование возобновляемых источников энергии: применение солнечных панелей, ветровых генераторов и других технологий для снижения энергозатрат.
- Эффективное использование воды: внедрение систем сбора дождевой воды, использование маловодных растений и систем полива.

#### 3. Экономическая эффективность:

- Сокращение затрат на строительство и эксплуатацию: использование современных строительных материалов и технологий, оптимизация планировки и конструкций.
- Создание доходных зон: планирование размещения различных объектов, которые могут приносить доход, например, магазины, рестораны, гостиницы.
- Адаптивность к изменениям: учет потенциальных изменений в дорожном движении, климате и других факторах, чтобы придорожный комплекс оставался актуальным и экономически эффективным.

#### 4. Безопасность:

- Безопасность дорожного движения: проектирование должно учитывать все требования безопасности, обеспечивая видимость, маркировку и освещение, а также

предусмотреть системы контроля и управления движением.

- Безопасность зданий и сооружений: использование пожаробезопасных материалов, наличие систем пожарной безопасности, а также планировка, обеспечивающая эвакуацию в случае ЧС.
- Безопасность пешеходов: ограждение пешеходных зон, создание безопасных переходов и зон отдыха.

5. Долговечность и низкие эксплуатационные затраты:

- Использование прочных и долговечных материалов: применение современных материалов, которые устойчивы к воздействию климата, дорожного движения и других факторов.
- Разработка систем мониторинга и обслуживания: внедрение систем контроля за состоянием объектов, что позволяет своевременно выявлять и устранять дефекты.
- Минимизация затрат на ремонт и обслуживание: Применение современных технологий, которые позволяют снизить затраты на ремонт и обслуживание, а также увеличивают срок службы объектов.

*Принципы архитектурного формообразования придорожных комплексов* включают в себя гармоничное вписывание в окружающую среду, функциональность, энергоэффективность, а также отражение культурных и исторических особенностей региона. Гармоничное вписывание в ландшафт придорожного комплекса предполагает учет особенностей окружающей местности и использование элементов, которые будут дополнять и подчеркивать природные характеристики. Это включает в себя выбор материалов, цветов, форм и растительности, которые естественным образом сочетаются с рельефом, растительностью и климатом местности.



Рисунок 3 – Зона кемпинга в пустыне

Результаты гармоничного вписывания:

- Придорожный комплекс становится естественной частью окружающей среды.
- Создается гармоничный и эстетически привлекательный пейзаж.
- Уменьшается негативное воздействие комплекса на окружающую среду.
- Повышается комфорт и качество жизни для людей и животных.
- Создается привлекательный образ для туристов и посетителей.



Рисунок 4 – Многофункциональный комплекс Socar Way Mart на трассе "Верхний Ларс-Батуми"

**Преимущества придорожных комплексов.** Высокая проходимость: большой поток автотуристов, водителей и туристических групп обеспечивает постоянную загрузку.

Стабильность: удачно выбранная локация обеспечивает стабильный доход круглый год, особенно если адаптировать услуги под сезон.

Многообразие источников дохода: кафе, магазины, автомойки и другие услуги расширяют возможности для получения прибыли.

Простой маркетинг: автотуристы часто ищут места для остановки прямо во время поездки, поэтому реклама вдоль дорог и навигационные указатели эффективны.

Быстрая окупаемость: сочетание разных сервисов привлекает больше гостей и повышает заинтересованность.

Создание экосистемы: разнообразие услуг улучшает впечатление от путешествия и делает комплекс более привлекательным.

Энергоэффективность: при проектировании следует использовать современные энергосберегающие технологии и материалы, чтобы минимизировать эксплуатационные затраты и воздействие на окружающую среду.



Рисунок 5 – Shell, Spar Express и Vida e Caffè – современный автозаправочный комплекс в Бракенфелл (ЮАР)

*Основные аспекты энергоэффективности придорожного комплекса:*

Энергосберегающее освещение: использование LED-ламп, оптимизация систем освещения (например, датчики движения), и уменьшение общего времени работы освещения.

Энергоэффективные системы управления трафиком: использование интеллектуальных систем управления трафиком, которые оптимизируют потоки движения и снижают расход энергии на освещение и отопление.

Энергоэффективные здания: утепление зданий, использование современных систем отопления, вентиляции и кондиционирования, а также использование солнечной энергии и других возобновляемых источников.

Управление потреблением энергии: применение систем мониторинга и контроля потребления энергии, а также использование энергосберегающих технологий на всех этапах.

Экологичность: использование экологически безопасных материалов и технологий, а также снижение выбросов в атмосферу.

В целом, современные придорожные комплексы разрабатываются с использованием функциональных, простых и современных решений, которые учитывают потребности людей и окружающей среды.

**Примеры исследования придорожных комплексов.** Наиболее показательными примерами, с точки зрения развития в объектах придорожного сервиса энергоэффективных технологий, являются такие страны, как США, Канада, ряд европейских и развивающихся азиатских стран. Придорожная инфраструктура таких стран имеет довольно продолжительную историю развития и довольно высокий уровень организации объемно-пространственных и образно-художественных решений. В условиях ускоренного развития современной строительной техники и технологий в архитектуре все более преобладают динамические характеристики формы и пространства.

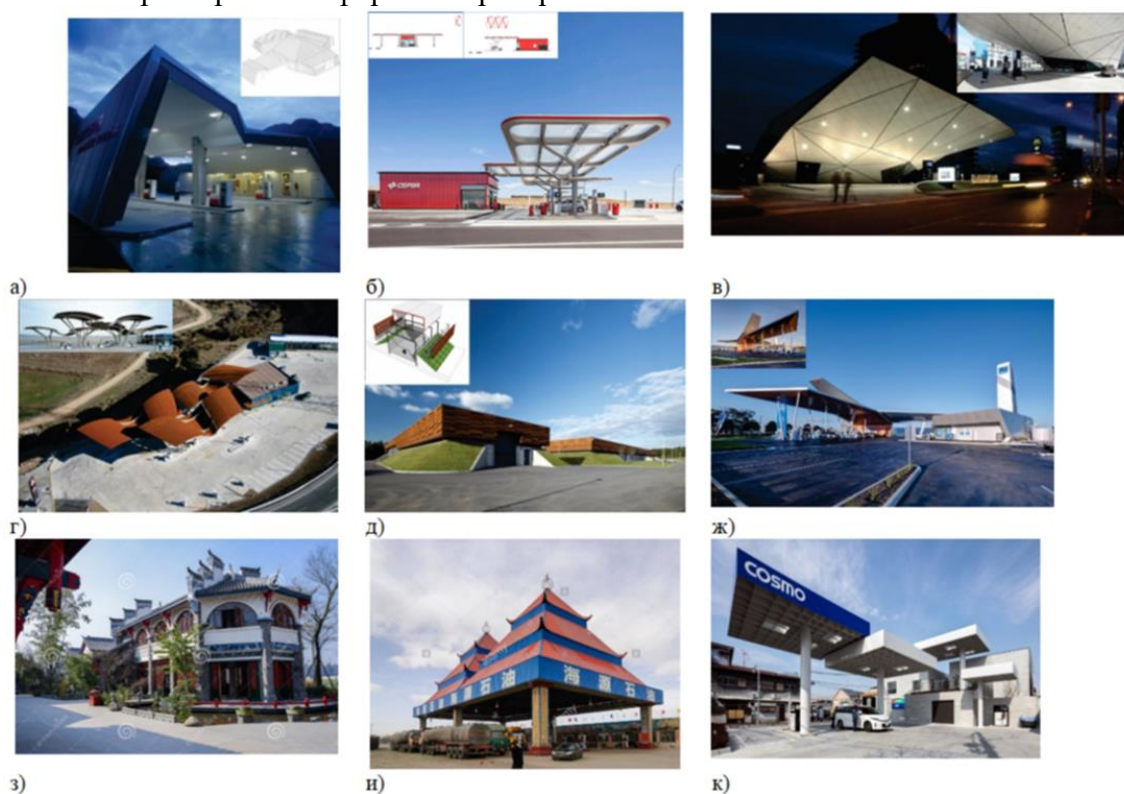


Рисунок 6 – Объемно-планировочные решения объектов придорожного сервиса: а) придорожный комплекс (Швейцария); б) пункт придорожного сервиса (Испания); в) автобусная остановка с рестораном (Грузия); г) пункт придорожного сервиса (США); д) комплекс придорожного сервиса (Канада); ж) комплекс придорожного сервиса (США); з) комплекс придорожного сервиса (Вьетнам); и) пункт придорожного сервиса (Китай); к) комплекс придорожного сервиса (Япония).

Образно-художественные особенности придорожных объектов стран Америки (США, Канада) характеризуются разнообразием художественных решений на основе использования широкого спектра композиционных, конструктивных, технических приемов. Это разнообразие представлено следующими характеристиками: от свободных, плавных, волнообразных форм до сочетаний свободных и острых форм в разных пропорциях, конфигурациях и силуэтах; в ряде случаев имеют место объекты замкнутого или павильонного типа, активно включающие ландшафт в композицию и др.

В странах Европы образно-художественные особенности придорожных объектов характеризуются более широким спектром: активной связью с природно-ландшафтными особенностями местности; ассоциациями с образами окружающей природы и ее формами (горы, дерево, лес) или с местными событиями (легенды, история, имена); использованием визуальных воздействий, связанных с корпоративным дизайном (компания Серса); активными цветовыми решениями в пределах плоской единой кровли с использованием натуральных оттенков; уникальным футуристическим дизайном на основе динамических, вертикальных и горизонтальных осложненных поверхностей, имеющими изогнутые панели на разных уровнях и др.

В странах Юго-Восточной Азии явно выражены традиционные, региональные образы, представленные: модульной системой навесов с квадратными и круглыми очертаниями, которые дают ощущение единства и масштаба, легко вписываются в окружение; новой трактовкой на основе современных облегченных форм и материалов; системой покрытий (навесов, козырьков, тентов и др.), создающих глубокую и протяженную тень, накрывающую все ОПС, составляющих комплекс и др.



Рисунок 7– Планировочные решения объектов придорожного сервиса: а) придорожный комплекс (Швейцария); б) пункт придорожного сервиса (Испания); в) автобусная остановка с рестораном (Грузия); г) пункт придорожного сервиса (США); д) комплекс придорожного сервиса (Канада); ж) комплекс придорожного сервиса (США); з) комплекс придорожного сервиса (Вьетнам); и) пункт придорожного сервиса (Китай); к) комплекс придорожного сервиса (Япония).

**Заключение:** В ходе исследования рассмотрены основные принципы формирования архитектуры придорожных комплексов, их развитие, современные требования и зарубежный опыт проектирования. Установлено, что придорожные комплексы являются важной частью транспортной инфраструктуры и должны обеспечивать функциональность, безопасность, энергоэффективность и экологическую устойчивость. Результаты работы могут быть использованы при проектировании современных объектов придорожного сервиса с учетом региональных особенностей и принципов устойчивого развития.

### Список литературы

1. Шувалов В.М. Развитие форм придорожных рекреационных комплексов [Текст] / В.М.Шувалов. – М.: Архитектура-С, 2012.
2. Шувалов В.М. Развитие рекреационной архитектуры в постиндустриальном обществе [Текст]  
Архитектурная наука и образование. Научная конференция МАРХИ.
4. Омуралиев Д. Д. "Парадигма архитектурного пространства" ) [Текст] /Д.Д.Омуралиев. – Бишкек: 2007. - с.233.
5. Глухова Т.С. "Архитектура как вид эстетической деятельности и особый способ проектного мышления" [Электронный ресурс] Режим доступа:[http://www.taby27.ru/studentam\\_aspirantam\\_magistrant\\_arch/gluxova-t.s.-arxitekturakak-vid-esteticheskoy-deyatelnosti-i-osobyj-sposob-proektnogo-myshleniya.html](http://www.taby27.ru/studentam_aspirantam_magistrant_arch/gluxova-t.s.-arxitekturakak-vid-esteticheskoy-deyatelnosti-i-osobyj-sposob-proektnogo-myshleniya.html)
- 6."Художественный образ, как один из основополагающих аспектов современной проектной культуры" [Электронный ресурс] / Режим доступа:[http://archvuz.ru/2010\\_22/40](http://archvuz.ru/2010_22/40)
7. Лазарев Ю.Г., Зянкина К.Э. Анализ международного опыта развития придорожного сервиса на сети федеральных автомобильных дорог,  
<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mezhdunarodnogo-opyta-razvitiya-pridorozhnogo-servisa-na-seti-federalnyh-avtomobilnyh-dorog>

УДК 71:630\*273

**А.А. Манатова, Д.Д. Омуралиев**

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

**A.A. Manatova, D.D. Omuraliev**

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic  
manatovaaidana8@gmail.com

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ  
ПРИДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА С УЧЕТОМ ЭТНО-КУЛЬТУРНЫХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ КЫРГЫЗСТАНА В ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ**

**КЫРГЫЗСТАНДА СОҢКУ 30 ЖЫЛДА ЖОЛ БОЮ КОМПЛЕКСТЕРИНИН  
АРХИТЕКТУРАСЫН ЭТНО-МАДАНИЙ ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРДҮ ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН  
КАЛЫПТАНДЫРУУ ЖАНА КУРУУ ПРОБЛЕМАЛАРЫ**

**PROBLEMS OF ARCHITECTURAL FORMATION AND CONSTRUCTION OF  
ROADSIDE SERVICE FACILITIES CONSIDERING THE ETHNO-CULTURAL  
PECULIARITIES OF KYRGYZSTAN OVER THE LAST 30 YEARS**

*Бул изилдөө Кыргызстандын шаар куруу системасын трансформациялоо*

контекстінде жол жээгиндеги комплекс объектилеринин архитектурасын калыптандыруу көйгөйлөрүн иликтөөгө жана комплекстүү талдоого, ошондой эле жол жээгиндеги инфраструктураны заманбап долбоорлоого этномаданий салттарды интеграциялоо принциптерин иштеп чыгууга арналган. Изилдөөнүн максаты – улуттук-маданий салттарды заманбап архитектуралык практикага интеграциялоо жана жол жээгиндеги комплекстерди долбоорлоо максатында дизайн жана көркөм-эстетикалык проблемаларды талдоонун негизинде Кыргызстандын заманбап этно-архитектурасынын калыптанышынын теориялык жана концептуалдык негиздерин аныктоо.

**Түйүндүү сөздөр:** этно-архитектура; жол боюндагы комплекстер; архитектуралык иденттүүлүк; аймактык жана маданий өзгөчөлүктөрү; улуттук салттар; туруктуу өнүгүү; Кыргызстандын шаарларын өнүктүрүү; жол жээгиндеги инфраструктура; маданий код; пейзаж интеграциясы.

*Данное исследование посвящено исследованию и комплексному анализу проблем формирования архитектуры объектов придорожного комплекса в Кыргызстане в условиях трансформации градостроительной системы, а также разработке принципов интеграции этнокультурных традиций в современное проектирование придорожной инфраструктуры.*

*Цель исследования — определить теоретико-концептуальные основы формирования современной этно-архитектуры Кыргызстана на основе анализа проектных и художественно-эстетических проблем, с целью интеграции национально-культурных традиций в современную архитектурную практику и проектирование объектов придорожных комплексов.*

**Ключевые слова:** этно-архитектура; придорожные комплексы; архитектурная идентичность; регионально-культурные особенности; национальные традиции; устойчивое развитие; градостроительство Кыргызстана; придорожная инфраструктура; культурный код; ландшафтная интеграция.

*This study is devoted to the investigation and comprehensive analysis of the problems of the formation of the architecture of roadside complex objects in Kyrgyzstan in the context of the transformation of the urban development system, as well as the development of principles for the integration of ethnocultural traditions into the modern design of roadside infrastructure.*

*The aim of the study is to determine the theoretical and conceptual foundations for the formation of modern ethno-architecture in Kyrgyzstan based on the analysis of design and artistic-aesthetic problems, with the aim of integrating national-cultural traditions into modern architectural practice and the design of roadside complexes.*

**Keywords:** ethno-architecture; roadside complexes; architectural identity; regional and cultural features; national traditions; sustainable development; urban development of Kyrgyzstan; roadside infrastructure; cultural code; landscape integration.

**Введение.** В условиях активного градостроительного развития Кыргызстана особенно актуальным становится вопрос сохранения национальной архитектурной идентичности. Современная застройка городов характеризуется преобладанием универсальных архитектурных решений, что постепенно приводит к утрате историко-культурных особенностей среды. В этой связи возрастает необходимость формирования теоретических и практических основ современной этно-архитектуры как направления, способного объединить традиционные ценности и современные технологии проектирования.

Архитектура объектов придорожного комплекса играет важную роль в формировании визуального образа транспортной системы страны, влияя на культурный ландшафт и восприятие территории. В Кыргызстане, как в много-этническом государстве с богатым историческим наследием, формирование архитектурного облика таких объектов должно учитывать этнокультурные особенности, отражающие народную традицию, природно-климатические условия и историческую память. Последние три десятилетия (период после

обретения независимости) характеризуются активными изменениями в градостроительной практике, однако задачи этно-архитектурной интеграции решаются фрагментарно.

Этно-архитектура рассматривается как важный инструмент сохранения культурного наследия кыргызского народа, отражающий его историю, традиции, духовный мир и образ жизни в объемно-пространственной и художественной форме. Архитектура по своей природе объединяет функциональные и эстетические аспекты, поэтому её развитие должно опираться не только на инженерно-технические требования, но и на художественно-образные принципы, формирующие национальный архитектурный язык.

Особую значимость данная проблематика приобретает в контексте проектирования общественных объектов, включая придорожные комплексы. Такие сооружения являются элементами инфраструктуры, формирующими первое впечатление о регионе, и могут стать носителями регионально-культурной идентичности. Интеграция традиционных форм, природных материалов, национальных орнаментов и принципов экологической устойчивости позволит создать современные архитектурные объекты, гармонично вписанные в природный и культурный контекст Кыргызстана.

За последние 30 лет формирование архитектуры придорожных комплексов в Кыргызстане столкнулось с рядом системных проблем, связанных с переходом к рыночной экономике, отсутствием четких этнокультурных стандартов и хаотичной застройкой. В этой связи возрастает необходимость формирования теоретических и практических основ современной этно-архитектуры как направления, способного объединить традиционные ценности и современные технологии проектирования.

#### **Ключевые проблемы формирования архитектуры придорожных комплексов в Кыргызстане (1996–2026):**

1. Отсутствие единой концепции: Большинство объектов строятся без учета ландшафтно-градостроительной среды, нарушая гармонию с природным окружением.

2. Игнорирование этнокультурного кода: Современные материалы (бетон, пластик) преобладают над традиционными (дерево, войлок, камень) что приводит к потере национальной идентичности.

3. Функциональные недостатки: Слабая проработка санитарных и сервисных зон (туалеты, парковки), отсутствие благоустройства не отвечающего международным стандартам для туристов.

4. Хаотичная застройка: Строительство ведется вдоль магистралей без утвержденных мастер-планов, что затрудняет создание комплексных, эстетически привлекательных остановочных пунктов.

Большая часть действующих придорожных объектов строилась в 90-е годы прошлого столетия и в начале 2000-х годов. В настоящее время наблюдается стихийное размещение объектов в придорожной инфраструктуре и строятся они только благодаря деятельным, индивидуальным предпринимателям. Основные сложности правильного размещения объектов вдоль трасс автодорог вызваны отсутствием целостного подхода к развитию придорожной инфраструктуры.



Рисунок 1 - Стихийные лавки и точки вдоль трассы Суусамыр-Талас

*Современные исследования в области этно-архитектуры* подчёркивают важность культурного кода в формировании архитектурного пространства в исследованиях А. Хазбулатова и М.Султановой (2015). А в исследованиях Г. Н. Айдарова, В. Н. Куприянов, Илизар Т. Мирсаяпов (2023), этно-архитектура рассматривается как средство сохранения национальной идентичности и устойчивого развития культурной среды, она акцентирует внимание на том, что этно-архитектура — это не «музейный экспонат», а живая система. В контексте придорожной архитектуры зарубежные и региональные исследования Е.Н. Котовой, (2015), Имэн Чжан (2019) подчёркивают необходимость адаптации стандартных функциональных решений к локальным культурным условиям.

Однако в большинстве работ анализ проводится на уровне жилой городской среды или туристических объектов, тогда как архитектура объектов придорожного комплекса остаётся сравнительно малоисследованной, особенно в странах с переходной экономикой и богатыми этнокультурными традициями, таких как Кыргызстан.

*Этно-культурные особенности в архитектуре Кыргызстана можно выделить:*

- *Традиционные элементы:*

Включение традиционных форм и материалов в современную архитектуру может помочь сохранить культурное наследие. Например, использование национальных орнаментов, деревянных конструкций, и применение местных строительных материалов (например, камня) может помочь создать уникальный архитектурный облик, отражающий местную идентичность.

- *Сохранение наследия:*

Необходимо учитывать существующие исторические здания и памятники архитектуры при планировании новых проектов. Изучение традиционных способов строительства, архитектурных стилей и форм может помочь в создании новых объектов, которые гармонично вписываются в окружающую среду, сохраняя при этом их историческую и культурную ценность.

- *Интеграция с окружающей средой:*

Придорожные комплексы должны быть спроектированы с учетом особенностей ландшафта и окружающей среды, чтобы не нарушать природную красоту. Необходимо использовать экологически безопасные материалы и технологии, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду.

- *Экологическая устойчивость:*

При планировании и строительстве придорожных комплексов следует уделять внимание вопросам экологической устойчивости. Например, использование возобновляемых источников энергии, эффективная система водоснабжения и водоотведения, а также применение технологий, способствующих снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

- *Функциональность и комфорт:*

Придорожные комплексы должны быть функциональными и обеспечивать комфорт для путешественников. Это может включать в себя наличие удобных мест для отдыха, магазинов, ресторанов, а также современных коммуникаций и услуг.

- *Образ жизни и культурные традиции:*

Придорожные комплексы должны учитывать образ жизни и культурные традиции местного населения. Например, организация мест для отдыха, где люди могут общаться и проводить время, может способствовать созданию более привлекательного и комфортного пространства.



Рисунок 2 - Туристический сервисный центр на трассах Иссык-Куля.

Одним из примеров современнейших проектов, внедрения этно-культурных мотивов можно выделить объект придорожного сервиса: туристический сервисный центр на трассах Иссык-Куля. Проект направлен на создание благоприятной придорожной инфраструктуры для местных и зарубежных туристов. Он предлагает необходимые услуги для путешественников, включая информационные центры, кафе, мини-маркеты, туалеты, парковки, пункты первой помощи, а также возможности для зарядки электронных устройств.

Элементы этнокультурной идентичности присутствуют, но носят декоративный характер:

- орнаментальная лента по периметру карниза (традиционный кыргызский узор);
- использование светлого тона фасадов;
- контекст размещения в природном ландшафте.

Орнамент интегрирован в архитектурный образ аккуратно, однако он не влияет на конструктивную или пространственную логику здания. Это пример поверхностной (декоративной) этнизации архитектуры.

Объект демонстрирует переходную модель архитектуры придорожного комплекса в Кыргызстане: современная функциональная база с минимальным декоративным этно-компонентом. Это отражает общую тенденцию последних лет — стремление к стандартизации при одновременном символическом сохранении национального кода.

Таким образом, архитектура придорожных комплексов может рассматриваться как важный инструмент формирования регионально-культурной идентичности и позитивного образа территории. Реализация теоретических и практических основ современной этно-архитектуры позволит создать гармоничную, функционально полноценную и художественно выразительную систему придорожной инфраструктуры, соответствующую национальным традициям и современным требованиям устойчивого развития.

**Заключение:** В результате проведённого анализа установлено, что формирование архитектуры объектов придорожного комплекса в Кыргызстане в период 1996–2026 гг. происходило в условиях трансформации градостроительной системы, перехода к рыночной экономике и отсутствия единой концептуальной стратегии развития придорожной инфраструктуры. Это обусловило стихийный характер размещения объектов, функциональные и композиционные недостатки, а также фрагментарную интеграцию этнокультурных элементов в архитектурный облик сооружений.

Исследование показало, что в большинстве случаев этно-компонент носит декоративный характер и не влияет на конструктивно-пространственную организацию зданий. Подобная «поверхностная этнизация» не формирует полноценного национального архитектурного языка и не обеспечивает устойчивой культурной идентификации придорожной среды. Вместе с тем, выявлены позитивные тенденции — стремление к повышению функциональности, улучшению сервисной составляющей и частичному учёту природного контекста.

## Список литературы

1. Омуралиев Д. Д. Современная этноархитектура Кыргызстана(источки, объекты, тенденции) [Текст] / Д.Д.Омуралиев. – Бишкек: 2003.
2. Омуралиев Д. Д. Парадигма архитектурного пространства [Текст] / Д.Д.Омуралиев. – Бишкек: 2007.
3. Глухова Т.С. Архитектура как вид эстетической деятельности и особый способ проектного мышления [Электронный ресурс]
- 4.Художественный образ, как один из основополагающих аспектов современной проектной культуры [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://archvuz.ru/2010\\_22/40](http://archvuz.ru/2010_22/40)
5. Хазбулатова А., М. Султанова Культурный код нации [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.researchgate.net/profile/Andrey-Khazbulatov-2/publication/350372598\\_Kulturnyj\\_kod\\_nacii\\_v\\_konceptualnom\\_ponimanii\\_sovremennoj\\_kulturnoj\\_politiki\\_Kazahstana/links/605c2173abfdccbfea04ac9a/Kulturnyj-kod-nacii-v-konceptualnom-ponimanii-sovremennoj-kulturnoj-politiki-Kazahstana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andrey-Khazbulatov-2/publication/350372598_Kulturnyj_kod_nacii_v_konceptualnom_ponimanii_sovremennoj_kulturnoj_politiki_Kazahstana/links/605c2173abfdccbfea04ac9a/Kulturnyj-kod-nacii-v-konceptualnom-ponimanii-sovremennoj-kulturnoj-politiki-Kazahstana.pdf)
6. Г. Н. Айдарова, В. Н. Куприянов , Илизар Т. Мирсаяпов Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://izvestija.kgasu.ru/files/1\_2023/1\_2023.pdf
7. Имэн Чжанchrom extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/user/Downloads/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%98%D0%BC%D1%8D%D0%BD%20%D0%A7%D0%B6%D0%B0%D0%BD.pdf
8. На Иссык-Куле появятся туристические сервисные центры. [https://kaktus.media/doc/502917\\_na\\_issyk\\_kyle\\_poiaviatsia\\_vot\\_takie\\_tyristicheskie\\_servisnye\\_centry.\\_dlia\\_chego\\_oni.html](https://kaktus.media/doc/502917_na_issyk_kyle_poiaviatsia_vot_takie_tyristicheskie_servisnye_centry._dlia_chego_oni.html)

УДК 528.88

**Б. Абдукахар уулу, А.З. Тажидинов, Д.У. Шерипов, Н.Н. Мырзабаев**  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**B. Abdukahar uulu, A.Z. Tajidinov, D.U. Sheripov, N.N.Myrzabaev**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБНОВЛЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАДАСТРОВЫХ КАРТ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТ Kyrg-06**

### **Kyrg-06 КООРДИНАТТАР СИСТЕМАСЫНДА ТЕМАТИКАЛЫК КАДАСТРДЫК КАРТАЛАРДЫ ЖАҢЫЛОО ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИЗИЛДӨӨ**

### **RESEARCH INTO THE TECHNOLOGY OF UPDATING THEMATIC CADASTRE MAPS IN THE Kyrg-06 COORDINATE SYSTEM**

*Макалада Kyrg-06 мамлекеттик координаттар системасында тематикалык кадастрдык карталарды жаңыртуу технологиясы Кыргызская Республиканын жер-кадастр иштерин санариптештирүү шартында каралат. Мейкиндиктик маалыматтарды алуу жана иштетүүнүн заманбап ыкмаларына талдоо жүргүзүлгөн, анын ичинде GNSS-өлчөөлөр, аэрофототасма материалдары жана геоинформациялык системалар, ошондой эле Kyrg-06 системасына өтүүдө координаттарды трансформациялоонун өзгөчөлүктөрү жана маалыматтардын топологиялык шайкештигин камсыз кылуу маселелери каралган. Картографиялык материалдарды жаңыртуунун этап-этабы менен ишке ашырылуучу алгоритми иштелип чыккан. Ал баштапкы маалыматтарды чогултууну, талаа жана камеральдык иштерди, тактыкты көзөмөлдөөнү жана маалыматтарды кадастрдык базага интеграциялоону камтыйт. Негизги ката булактары бааланып, сунушталган технологиянын мейкиндиктик маалыматтардын ишенимдүүлүгүн жогорулатуу жана жер ресурстарын башкаруунун натыйжалуулугун арттыруу үчүн практикалык мааниси негизделген.*

**Түйүндүү сөздөр:** *тематикалык кадастрдык карталар, Kyrg-06 координаттар системасы, мамлекеттик жер кадастры, координаттарды трансформациялоо, GNSS-өлчөөлөр, геоинформациялык системалар, санариптик картографиялоо, мейкиндиктик маалыматтарды жаңылоо.*

*В статье рассматривается технология обновления тематических кадастровых карт в государственной системе координат Kyrg-06 в условиях цифровизации земельно-кадастровых работ Кыргызской Республики. Проведён анализ современных методов получения и обработки пространственных данных, включая GNSS-измерения, материалы аэрофотосъёмки и геоинформационные системы, а также особенности трансформации координат и обеспечения топологической согласованности данных при переходе к системе Kyrg-06. Разработан поэтапный алгоритм обновления картографических материалов, охватывающий сбор исходной информации, полевые и камеральные работы, контроль точности и интеграцию данных в кадастровую базу. Оценены основные источники погрешностей и обоснована практическая значимость предложенной технологии для*

повышения достоверности пространственной информации и эффективности управления земельными ресурсами.

**Ключевые слова:** тематические кадастровые карты, система координат Кыргыз-06, государственный земельный кадастр, трансформация координат, GNSS-измерения, геоинформационные системы, цифровое картографирование [13], обновление пространственных данных.

*The article discusses the technology for updating thematic cadastral maps in the Kyrg-06 state coordinate system in the context of the digitisation of land cadastral work in the Kyrgyz Republic. An analysis of modern methods of obtaining and processing spatial data, including GNSS measurements, aerial photography materials and geographic information systems, as well as the features of coordinate transformation and ensuring topological consistency of data during the transition to the Kyrg-06 system, is carried out. A step-by-step algorithm for updating cartographic materials has been developed, covering the collection of source information, field and office work, accuracy control and data integration into the cadastral database. The main sources of errors have been assessed and the practical significance of the proposed technology for improving the reliability of spatial information and the efficiency of land resource management has been substantiated.*

**Key words:** thematic cadastral maps, Kyrg-06 coordinate system, state land cadastre, coordinate transformation, GNSS measurements, geographic information systems.

**Введение:** Тематические кадастровые карты являются ключевым инструментом управления земельными ресурсами, территориального планирования и мониторинга землепользования. В условиях цифровой трансформации кадастровых систем и активных изменений структуры землепользования особую актуальность приобретает совершенствование технологий их обновления. Недостаточная согласованность пространственных данных, различия в ранее применяемых системах координат и необходимость обеспечения высокой метрической точности требуют разработки современных методических подходов, ориентированных на использование государственной системы координат Кыргыз-06.

Целью исследования является разработка и обоснование технологии обновления тематических кадастровых карт в системе координат Кыргыз-06. Для достижения поставленной цели решаются задачи анализа существующих методов актуализации кадастровых данных, изучения особенностей применения системы координат Кыргыз-06 в кадастровых работах, разработки алгоритма обновления картографической информации и оценки точности и эффективности предложенных решений.

Объектом исследования выступают тематические кадастровые карты, предметом — технологии и методы их обновления в едином координатном пространстве. В работе применяются методы геоинформационного анализа, математического моделирования, обработки и трансформации пространственных данных.

Научная новизна исследования заключается в разработке методического подхода и алгоритма обновления тематических кадастровых карт, обеспечивающих повышение точности, топологической согласованности и интеграции данных в единую кадастровую систему. Практическая значимость работы определяется возможностью внедрения предложенной технологии в процессы ведения государственного земельного кадастра, что способствует повышению достоверности пространственной информации и эффективности управления территориями.

Применение технологий глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) при создании спутниковой геодезической сети города Бишкек является ключевым направлением модернизации геодезического обеспечения территории. Современные спутниковые системы позиционирования, включающие GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, обеспечивают глобальное покрытие и высокую точность определения координат, что позволяет формировать устойчивую и метрически согласованную геодезическую основу города.

Создание городской спутниковой геодезической сети предусматривало проектирование конфигурации пунктов с учетом равномерности пространственного распределения, минимизации геометрических и инструментальных погрешностей, а также максимального совмещения с существующими пунктами триангуляции, полигонометрии и государственной планово-высотной сети. Исходные плановые и высотные координаты геодезических пунктов были получены из фондов Государственной картографо-геодезической службы, что обеспечило преемственность и сопоставимость данных.

Полевые работы выполнялись с применением высокоточных двухчастотных ГНСС-приемников в статическом и кинематическом режимах наблюдений. На ключевых точках устанавливались опорные станции, осуществляющие непрерывную регистрацию спутниковых сигналов и передачу данных в центр обработки. Камеральная обработка включала уравнивание сети, учет ионосферных и тропосферных задержек, орбитальных поправок и ошибок спутниковых часов, что позволило обеспечить сантиметровую, а при статических наблюдениях — миллиметровую точность координат. Особое внимание уделялось влиянию городской застройки, эффекту многолучевости и экранированию сигналов, которые являются основными источниками погрешностей в условиях плотной инфраструктуры.

Формирование спутниковой геодезической сети города Бишкек осуществляется в рамках современной Государственной геодезической сети Кыргызской Республики, ориентированной на международную земную систему отсчета ITRF-2005 и обеспечивающей распространение национальной системы координат Кург-06 на территорию страны. Система координат Кург-06, гармонизированная с глобальной системой WGS-84, создает единое координатное пространство для выполнения кадастровых, картографических и инженерно-геодезических работ. Интеграция ГНСС-технологий в систему Кург-06 обеспечивает высокую точность, оперативность получения пространственных данных и возможность долговременного мониторинга деформационных процессов, что имеет важное значение для развития городской инфраструктуры, строительства и территориального планирования города Бишкек.

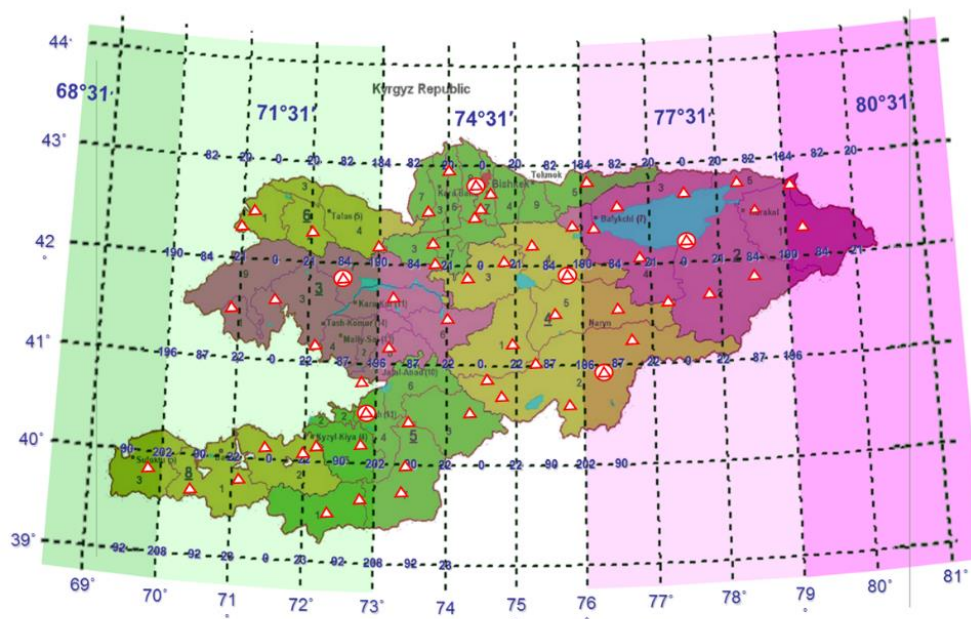


Рисунок 1 - Единая система координат Кург-06

Каталоги координат временных базовых станций в государственной системе координат Кург-06 являются важным элементом геодезического обеспечения территории Кыргызской Республики, обеспечивая точность, сопоставимость и метрическую согласованность результатов спутниковых измерений. Временные базовые станции создаются для решения

прикладных и научных задач, включая формирование локальных геодезических сетей, сопровождение инженерных изысканий, мониторинг деформаций земной поверхности и инфраструктурных объектов, а также выполнение картографических работ. Их функционирование основано на применении технологий ГНСС с использованием сигналов систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, что обеспечивает высокую точность позиционирования и устойчивость наблюдений.

Процесс формирования временной базовой станции включает проектирование сети с учетом географических и геодинамических особенностей района, установку двухчастотных ГНСС-приемников на стабильных основаниях, проведение непрерывных наблюдений в течение заданного интервала времени и последующую камеральную обработку данных. При обработке учитываются орбитальные поправки, ионосферные и тропосферные задержки, а также влияние многолучевости, что позволяет достигать сантиметровой, а при статических наблюдениях — миллиметровой точности координат. Результатом является составление каталога координат, содержащего идентификаторы станций, пространственные координаты в системе Kurg-06, сведения об используемом оборудовании, продолжительность наблюдений, показатели точности и метаданные об условиях измерений.

Каталоги координат временных базовых станций широко применяются при проектировании и строительстве инженерных сооружений, создании и обновлении топографических планов, а также при мониторинге деформационных процессов. Их актуальность особенно возрастает в условиях функционирования современной Государственной геодезической сети Кыргызской Республики, ориентированной на международную систему отсчета ITRF-2005 и обеспечивающей реализацию национальной системы координат Kurg-06 на всей территории страны. Обеспечение высокой точности и надежности каталогов достигается использованием калиброванного оборудования, регулярной проверкой результатов измерений и систематическим обновлением координатных данных с учетом природных и антропогенных изменений.

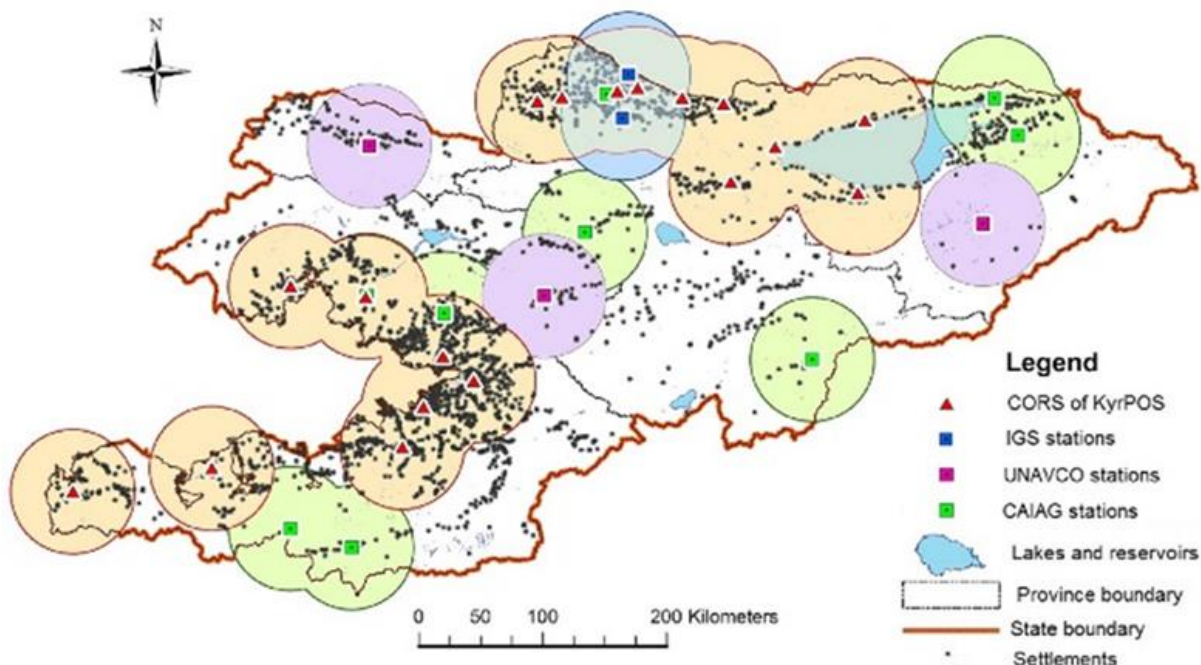


Рисунок 2 - Сеть референсных станций GNSS на территории Кыргызстана

Разработка проекта карты представляет собой комплексный процесс, включающий формулирование цели и подготовку технического задания, выбор масштаба, проекции, компоновки и формата, а также разработку содержания и системы условных обозначений. Существенным этапом является сбор, анализ и обработка исходных геопространственных данных с применением методов геоинформационного анализа, и их подготовка к

использованию в специализированных программных средах, таких как ArcGIS, QGIS и Adobe Illustrator. Важной составляющей проектирования выступает разработка структуры базы данных ГИС, основанной на выборе адекватных моделей представления информации — классов пространственных объектов (точек, линий, полигонов), растров, цифровых моделей рельефа (DEM) и атрибутивных таблиц. Организация данных в тематические слои является ключевым принципом ГИС-проектирования, обеспечивающим логическую структуризацию, независимость хранения и возможность пространственного анализа и наложения данных. Завершающие этапы включают тестирование картографического произведения, корректировку структуры базы данных, документирование источников и организацию системы обновления, что обеспечивает точность, актуальность и практическую ценность карты.



Рисунок 3 - Векторизованный топографический план территории

Под изданием карт понимается совокупность технологических процессов по подготовке оригинал-макета, созданию тиражных печатных форм и выпуску картографической продукции, однако в современных условиях традиционные методы печатного производства постепенно уступают место цифровым технологиям подготовки и распространения картографических материалов. Независимо от применяемой технологии ключевым этапом остается профессиональная подготовка карты к изданию, включающая комплексную проверку геометрической точности и актуальности пространственных данных, устранение топологических ошибок и несоответствий, оптимизацию графических и растровых материалов, а также приведение файлов к стандартным форматам. Существенное значение имеет разработка композиции карты с рациональным размещением обязательных элементов — заголовка, легенды, масштаба, условных обозначений и выходных данных, а также оформление метаданных, отражающих источники информации, авторство и условия использования. В процессе подготовки выполняется контроль качества визуализации, цветопередачи и читаемости текста, после чего карта передается на печать либо публикуется в электронном формате через специализированные геоинформационные платформы. Завершающим этапом является распространение картографического продукта и организация обратной связи, что обеспечивает возможность последующего обновления и поддержания актуальности картографической информации.

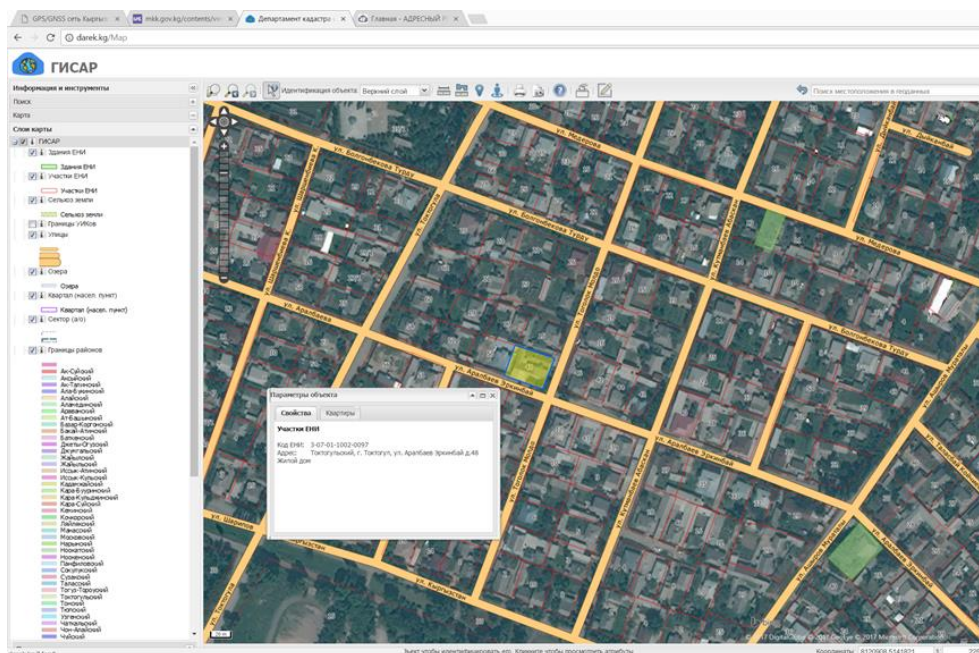


Рисунок 4 - Публичная кадастровая карта ГИСАР

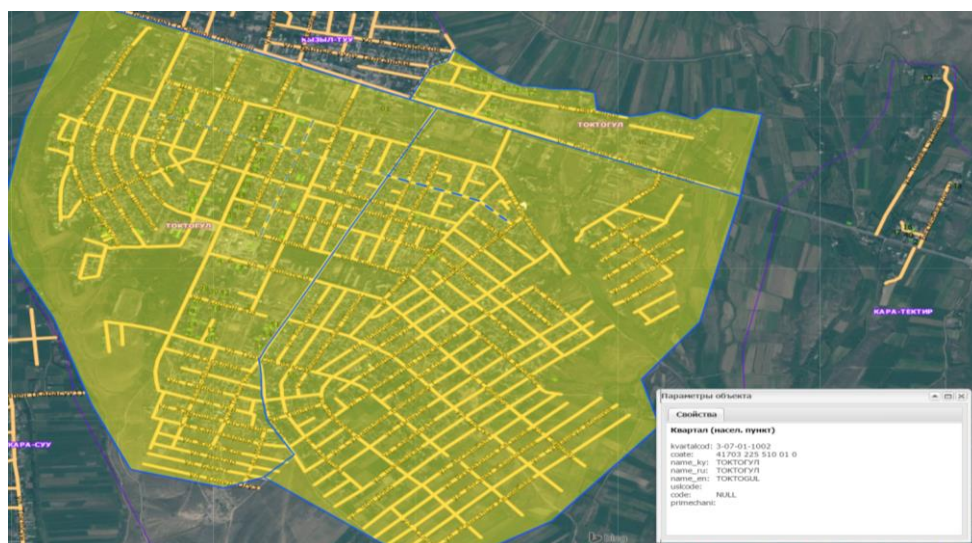


Рисунок 5 - Вид цифровой модели г. Токтогул на публичной кадастровой карте ГИСАР

### Заключение.

Исследование технологии обновления тематических кадастровых карт в системе координат Kurg-06 подтверждает необходимость применения современных геодезических методов и инструментов для обеспечения высокой точности и актуальности пространственных данных. Использование Kurg-06 обеспечивает единую и сопоставимую систему координат, что критично для кадастровых и инфраструктурных приложений, а интеграция технологий ГНСС позволяет минимизировать ошибки и повысить надежность картографической информации. Современные методы сбора и обработки данных, включая спутниковые снимки, дроны и автоматизированные системы, ускоряют обновление карт и обеспечивают эффективную интеграцию новых данных в существующие базы. Регулярное обновление тематических кадастровых карт способствует поддержанию актуальности информации, улучшению планирования, повышению прозрачности и эффективности управления земельными ресурсами, а также обеспечивает основу для принятия обоснованных управленческих решений и реализации инфраструктурных проектов.

## Список литературы

1. Глебова, Н. ГИС для управления городами и территориями [Текст] / Н. Глебова // ArcReview, 2006. - № 3(38).
2. Кольцов, А.С. Геоинформационные системы: учеб. пособие [Текст] / А.С. Кольцов, Е.Д. Федорков. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006.
3. Капралов, Е.Г.. Основы геоинформатики. Книга 2. Учебное пособие [Текст] / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. - М: Академия, 2004 (стр. 372-380).
4. Национальный статистический комитет [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.stat.kg](http://www.stat.kg)
5. Геоинформационные системы. Учебное пособие для вузов [Текст] / Л.М. Бугаевский, В.Я. Цветков. – М: 2000. -222 с.
6. Методы анализа спутниковых изображений для исследования урбанизации и землепользования в период с 1975 по 2015 г. в г. Самаре [Текст] / М.С. Бури, А.В. Кузнецов, К.К. Чодри, А.В. Куприянов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 818-822. – DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-818-822.
7. Город Токтогул [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.open.kg/about-kyrgyzstan/cities/toktogul/688-toktogul.html> (дата обращения: 10.05.2024 г.).
8. ЦААИЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.caiag.kg/ru/> (дата обращения: 04.06.2024 г.).
9. Земельный Кодекс КР [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/3-5/edition/1285814/ru> (дата обращения: 04.06.2024 г.).
10. Е.М. Мазурова, К.М. Липатников. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований [Текст] / Е.М. Мазурова, К.М. Антонович, Е.К. Лагутина, Л.А. // Вестник СГУГИТ, Сибирский государственный университет геосистем и технологий. – Новосибирск: №3 (27), 2014. С. 84-89.
11. Система геодезических параметров Земли «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) [Текст] / В.Ф. Галазин, Б.Л. Каплан, М.Г. Лебедев, В.Г. Максимов, Н.В.Петров, Т.Л. Сидорова-Бирюкова / Под общей ред. Хвостова В.В. –М: 1998.
12. Серапинас, Б. Б. Земная система отсчета и её составные части [Текст] / Б. Б. Серапинас // Геопрофи. 2009. №1. С. 49–53.
13. Юлдашев Ш.Р. Применение дистанционного зондирования земли при изучении экологической катастрофы Аральского моря [Текст] / Ш.Р. Юлдашев, Н.Б. Бектурсунова, А. Акылбек к., Э.Ж. Имамбеков // Известия КГТУ. - Бишкек:2024.-№1(69). С.30-35.

**Р.Д.Имангалиева, Ч.Ы. Исмаилова, Б. Абдукахар уулу,  
А.З. Тажидинов, Д.У. Шерипов**  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**R.D. Imangalieva, Ch.Y. Ismailova, B. Abdukahar uulu, A.Z. Tajidinov, D.U. Sheripov**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОСТАНОВКЕ УЧАСТКА НА КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КАРАКОЛ**

### **КАРАКОЛ ШААРЫНЫН МИСАЛЫНДА УЧАСТОКТУ КАДАСТРДЫК КАТТООГО ТУРГУЗУУДАГЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫК ИШТЕР**

#### **SURVEYING WORK WHEN REGISTERING A PLOT OF LAND FOR CADASTRAL REGISTRATION, USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF KARAKOL**

*Макалада Каракол шаарынын мисалында жер тилкесин кадастрдык эсепке коюуда аткарылуучу геодезиялык иштер каралган. Талаа жана камеральдык иштердин негизги этаптары, чек аралардын координаттарын аныктоо үчүн GNSS-технологияларын колдонуу, чек ара планы (межевой план) даярдоо жана коңшу жер пайдалануучулар менен макулдашуу процесси баяндалган. Ошондой эле типтүү кадастрдык көйгөйлөр аныкталып, өлчөөлөрдүн тактыгын жана кадастрдык маалыматтардын сапатын жогорулатуу боюнча чаралар сунушталган.*

**Түйүндүү сөздөр:** геодезиялык иштер, кадастрдык каттоо, жер участкагу, АЧК, участоктун чек аралары, аралык план, Каракол.

*В статье рассмотрены геодезические работы при постановке земельного участка на кадастровый учет на примере города Каракол. Описаны основные этапы полевых и камеральных работ, применение GNSS-технологий для определения координат границ, подготовка межевого плана и согласование со смежными землепользователями. Выявлены типичные кадастровые проблемы и предложены меры по повышению точности измерений и качества кадастровых данных.*

**Ключевые слова:** геодезические работы, кадастровый учет, земельный участок, GNSS [9], границы участка, межевой план, Каракол.

*The article discusses geodetic work involved in registering a land plot in the cadastre, using the city of Karakol as an example. It describes the main stages of field and office work, the use of GNSS technologies to determine boundary coordinates, the preparation of a boundary plan, and coordination with adjacent land users. Typical cadastral problems are identified and measures are proposed to improve the accuracy of measurements and the quality of cadastral data.*

**Key words:** geodetic work, cadastral registration, land plot, GNSS, plot boundaries, boundary plan, Karakol.

**Введение:** Процесс постановки земельных участков на государственный кадастровый учет неразрывно связан с выполнением геодезических работ. Их основная задача – получение точных пространственных характеристик объектов недвижимости, включая определение координат, площади, конфигурации и границ участка. В отличие от правовых сведений, базирующихся на юридической документации, геодезические работы генерируют

фактическую географическую и картографическую информацию, что подчеркивает их фундаментальное значение в системе кадастрового обеспечения.

Современные геодезические измерения проводятся с использованием высокоточного оборудования, такого как электронные тахеометры и глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS), а также специализированного программного обеспечения для обработки данных. Технологический процесс включает несколько этапов: создание съемочного обоснования, определение координат поворотных точек границ, вычисление площади, подготовку межевых и земельно-кадастровых планов, а также согласование границ со смежными землепользователями. Особую сложность представляют работы в условиях плотной городской застройки, где точность измерений может быть снижена из-за ограниченной видимости и затрудненного доступа к объектам.

Необходимость повышения точности и достоверности кадастровых данных в условиях активного развития земельно-имущественных отношений и урбанизированных террито-

Особенности государственной регистрации прав на земельные участки представляют собой важный элемент системы регулирования земельных отношений и обеспечения защиты прав собственности и иных вещных прав на землю. Государственная регистрация осуществляется в соответствии с законодательством Кыргызской Республики и имеет четко установленный правовой и организационный порядок.

Процедуры регистрации прав регулируются нормативно-правовыми актами, определяющими требования к оформлению документов, порядку подачи заявлений и ведению государственных реестров. В Кыргызской Республике регистрация прав на недвижимое имущество осуществляется через уполномоченные органы, обеспечивающие учет, обновление и хранение сведений о правообладателях и характеристиках земельных участков. Данные о зарегистрированных правах носят открытый характер и доступны заинтересованным физическим и юридическим лицам, что способствует прозрачности земельных отношений. Информацию о зарегистрированных участках и их кадастровых номерах можно получить посредством публичной кадастровой карты.

В общем виде процесс государственной регистрации прав на земельные участки включает следующие этапы: подача заявления в регистрирующий орган; проверка полноты и достоверности представленных сведений; подготовка и анализ правоустанавливающих и технических документов; выполнение кадастровых и геодезических работ при необходимости уточнения характеристик участка; внесение сведений в государственный реестр и оформление регистрации прав; выдача заявителю подтверждающего документа установленного образца.

Государственная регистрация прав на земельные участки играет ключевую роль в обеспечении правовой защиты землевладельцев и землепользователей, создавая основу для стабильного функционирования рынка недвижимости и эффективного управления земельными ресурсами.

Геодезические работы, проводимые в процессе постановки участка на кадастровый учет, включают несколько ключевых этапов:

- ✚ Сбор информации о земельных участках и объектах недвижимости, включающий сбор всей необходимой информации.
- ✚ Анализ и регистрация полученных сведений после этапа сбора информации.
- ✚ Составление документов, включающих необходимые факты для регистрации и учета объектов недвижимости.

После выполнения геодезических работ на объекте всегда проводится составление документов в процессе геодезического обследования.

Составление документации включают в себя несколько подпунктов:

1. Исполнительная геодезическая документация, которая устанавливает требования к составу, содержанию, оформлению и контролю геодезической исполнительной документации.
2. Технический отчет который составляется специалистами по геодезическим изысканиям с учетом нормативных актов.

3. Акт приемки геодезических работ содержит информацию о выполненных работах, и информацию о оборудовании, которые использовались во время геодезических работах на исследуемом объекте. и

После вышеперечисленных шагов определяют собственника земельного участка или лиц, претендующих на вступление в имущественные права. Собственником земельного участка может быть физическое, юридическое лицо или государственное учреждение, которое имеет право владения и распоряжения землей. В соответствии с Земельным кодексом КР, собственник земельного участка имеет следующие основные права:

- ✚ Владеть, пользоваться и распоряжаться землей.
- ✚ Использовать ресурсы, находящиеся под участком, такие как полезные ископаемые и подземные пресные воды.
- ✚ Использовать водоемы, находящиеся на земельном участке.

Собственник земельного участка также обязан:

- ✚ Не загрязнять почву и сохранять её плодородие в соответствии с экологическими и санитарными нормами.
- ✚ Своевременно вносить платежи.
- ✚ Соблюдать требования местных и федеральных органов власти при освоении земель.

При постановке участка на кадастровый учет геодезисты выезжают на местность исследования для выполнения геодезических работ и выполнения топографической съемки. Во время проведения геодезических работ при постановке на кадастровый учет исследуемого объекта, расположенного по адресу: город Каракол, улица Маяковского, дом № 2, мы использовали геодезический GNSS приемник марки CHCNAV i73 [1].



Рисунок 1 - GNSS приемником марки CHCNAV i73

Затем мы провели топографическую съемку на объекте и получили абрис. Абрис представляет собой контурные линии, которые отображают изменения высот на местности. Эти линии соединяют точки с одинаковой высотой над уровнем моря. Абрис [1], помогает визуализировать рельеф местности и ее характеристики. На рисунке 3 показан абрис, который сначала был создан вручную во время полевых работ.



Рисунок 2 - Процесс топографической съемки земельного участка с GNSS приемником марки CHCNAV i73

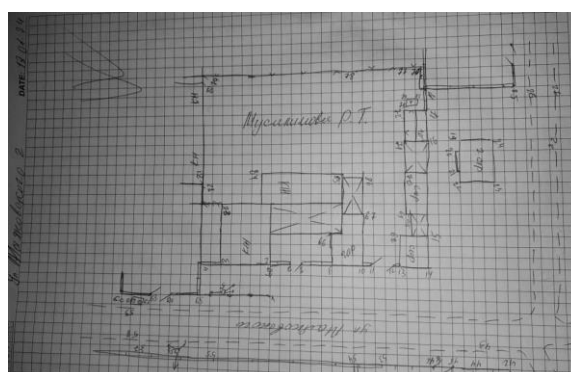


Рисунок 3 - Абрис участка, расположенного по адресу г. Каракол Ул. Маяковского д. № 2

В настоящее время автоматизация процессов создания кадастровых планов имеет важное значение для обеспечения эффективности и точности геодезических работ. Программное обеспечение, например, "AutoCAD Civil" [2], позволяет создавать высококачественные и точные кадастровые планы, включая участки с частными домами. Во время геодезических работ при постановке на кадастровый учет земельного участка, расположенного по адресу: город Каракол, ул. Маяковского, дом № 2 после сбора информации и полевых работ, полученные данные мы обрабатывали в программе. AutoCAD Civil 3D.

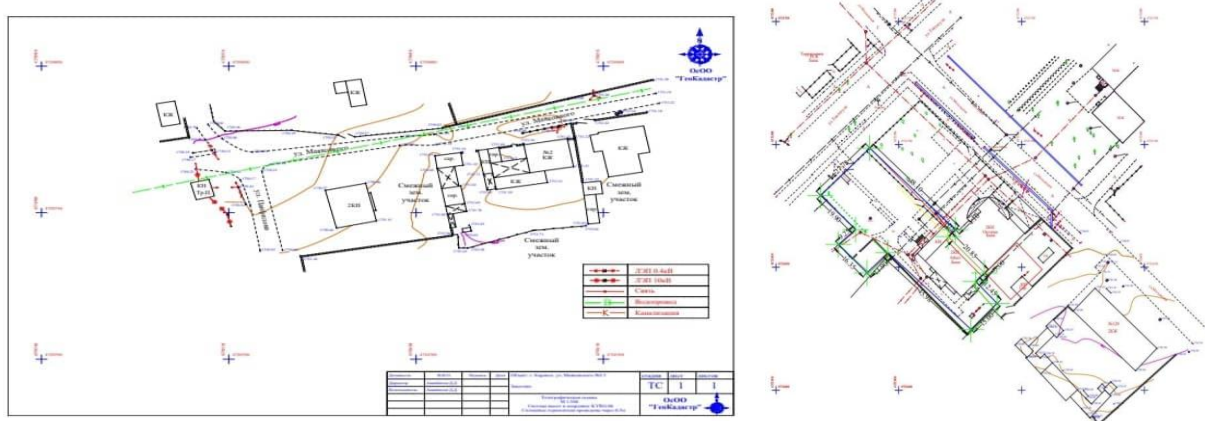


Рисунок 4 - Топографический план земельного участка, расположенного в г. Каракол ул. Маяковского №2

**Заключение:** Проведённый анализ показал, что геодезические работы при постановке земельных участков на кадастровый учет являются ключевым фактором обеспечения

точности, достоверности и юридической обоснованности пространственных данных. Применение современных технологий — GNSS-измерений, электронных тахеометров и геоинформационных систем — существенно повышает оперативность и качество выполнения работ в условиях городской среды Каракола. Установлено, что строгое соблюдение нормативных требований и технологической последовательности геодезических и кадастровых процедур обеспечивает корректность оформления документации и снижает вероятность возникновения кадастровых ошибок.

Результаты исследования подтверждают, что качественно выполненные геодезические работы способствуют формированию надежной кадастровой базы, предотвращению земельных споров и созданию условий для рационального управления земельными ресурсами. Комплексный подход к организации геодезических измерений и обработке данных является необходимым условием совершенствования системы кадастрового учета и устойчивого территориального развития города Каракол.

### Список литературы

1. Геодезия и кадастр: учебное пособие [Текст] / под ред. В.П. Иванова. - М.: Издательство "Транспорт", 2018. - 324 с.
2. Инженерная геодезия [Текст] / В.Н. Сидоров, О.В. Карпова. - М.: Издательство "Просвещение", 2016. - 276 с.
3. Современные методы геодезических измерений [Текст] / Ю.С. Кузнецов. - М.: Издательство "Стройиздат", 2019. - 198 с.
4. Геодезическое обеспечение кадастровых работ [Текст] / Л.М. Лаврова. - М.: Издательство "Академкнига", 2016. - 272 с.
5. Геоинформационные системы в кадастре [Текст] / под ред. С.В. Иванова. - СПб.: Издательство "Лань", 2018. - 384 с.
6. Применение GPS и ГНСС технологий в геодезии [Текст] / Н.А. Руденко. - М.: Издательство "Геодезия и картография", 2017. - 298 с.
7. Методы и технологии кадастровых работ [Текст] / В.Н. Захаров, А.П. Лебедев. - М.: Издательство "Мир", 2020. - 310 с.
8. Стандарты и нормативы в геодезии и кадастре [Текст] / под ред. Г.А. Семенова. - СПб.: Издательство "Наука", 2018. - 344 с.
9. Прокопенко, С. И. Исследование глубинного строения и локации гипоцентров землетрясений в Кемино–Чиликской зоне активных разломов методом GPTS [Текст] / С. И. Прокопенко // Известия КГТУ. - Бишкек:2025.-№2 (74). С.340-350.

**Э.М. Сабырова, Т.Б. Дыйканбаев, М.А. Таалайбекова**  
**Э.Ж. Темирбекова, К.Т. Эргешбаева**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**E.M.Sabyrova, T.B. Dyikanbaev, M.A. Taalaibekova,**  
**E.J. Temirbekova, K.T. Ergeshbaeva**  
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic  
mahabatsabyrova143@gmail.com

## **МОНИТОРИНГ РОСТА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БИШКЕК)**

**ГИС ЫКМАЛАРЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН БИШКЕК ШААРЫНЫН  
УРБАНИЗАЦИЯЛЫК ӨСҮШҮНӨ МОНИТОРИНГ ЖАСОО  
(2010–2025-ЖЖ.)**

## **MONITORING URBAN GROWTH AND LAND TRANSFORMATION USING GIS (A CASE STUDY OF BISHKEK CITY)**

*Макалада геомаалыматтык системаларды (ГИС) жана алыстан зонддоо маалыматтарын колдонуу аркылуу Бишкек шаарынын аймагындагы урбанизациянын өсүшү жана жер пайдалануунун трансформациясы изилденет. Изилдөө 2010–2025-жылдар аралыгында спутниктик сүрөттөрдүн негизинде жүргүзүлүп, курулуш аймактарынын кеңейиши жана жашыл зоналардын өзгөрүшү талданат.*

**Түйүндүү сөздөр:** урбанизация, ГИС, алыстан зонддоо, NDBI, NDVI, Бишкек шаары.

*В статье рассматривается динамика роста урбанизированных территорий и трансформации землепользования города Бишкек с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем. Анализ проведен на основе спутниковых снимков за период 2010–2025 гг. с применением индексов NDBI и NDVI, позволяющих оценить изменения застройки и растительного покрова.*

**Ключевые слова:** урбанизация, ГИС, дистанционное зондирование, NDBI, NDVI, город Бишкек.

*The article examines urban growth and land-use transformation in Bishkek City using remote sensing data and Geographic Information Systems (GIS). The study is based on satellite imagery from 2010 to 2025 and applies the NDBI and NDVI indices to assess changes in built-up areas and vegetation cover.*

**Key words:** urbanization, GIS, remote sensing, NDBI, NDVI, Bishkek City.

Введение. В последние десятилетия город Бишкек испытывает интенсивный процесс урбанизации, сопровождающийся расширением застроенных территорий, трансформацией землепользования и изменением структуры городского пространства. Рост численности населения, активное жилищное строительство и включение новых территорий в состав города усиливают нагрузку на природную среду и требуют комплексного пространственного анализа.

Традиционные методы мониторинга городского развития не всегда позволяют оперативно отслеживать динамику изменений. В связи с этим применение данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС) является эффективным инструментом для анализа урбанизационных процессов, оценки застроенных территорий и состояния растительного покрова.

Целью данного исследования является анализ динамики урбанизированных территорий и изменений растительности в городе Бишкек в период с 2010 по 2025 гг. на основе спутниковых данных и ГИС-технологий.

Цель исследования. Проанализировать динамику городского роста и преобразования земель в Бишкеке в период с 2010 по 2025 год с использованием спутниковых данных и ГИС.

Обзор литературы. Динамика ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики

Строительство высотных жилых домов в Кыргызской Республике активно развивается, особенно в столице г. Бишкеке и в г. Оше. Спрос на жильё с каждым годом растёт, правительства прогнозируют необходимость десятков миллионов квадратных метров нового жилья.

Динамика показывает устойчивый рост числа многоэтажных новостроек за последние годы. По словам Мэра г. Бишкек, городу требуется более 20 млн кв. м жилья. В условиях рыночной экономики строительство высотных домов позволяет эффективно использовать земельные ресурсы на территории страны.

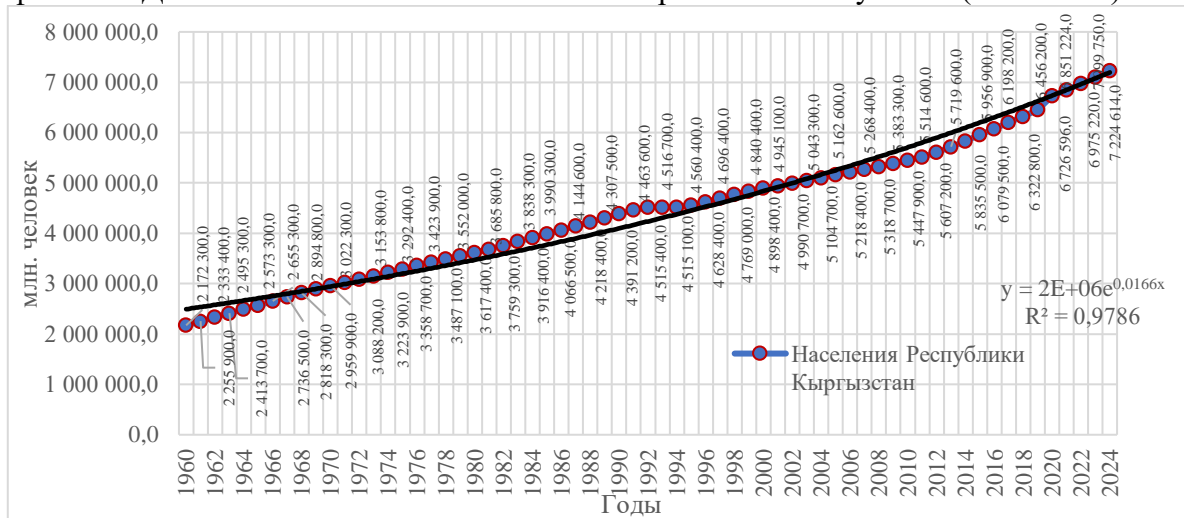
Высотные жилые комплексы становятся центрами притяжения благодаря инфраструктуре: парковки, торговые площади, детские площадки. Новостройки в г. Бишкек и в г. Ош рассматриваются как выгодный актив для вложений, что стимулирует строительные компании.

В связи с ростом численность населения все больше площади земель вовлекаются, трансформируются на земли застройки.

Численность населения Республики в 2024 году составила 7 224 614,0 чел. (7 099 750,0 в 2023), что на 124 864,0 человек или на 1,8% выше значения предыдущего года. Республика занимает 95 место в мире по численности населения.

На графике № 1. Представленна открытые данные Всемирного банка о тенденции развития численности населения Республики Кыргызстан за последние 60 лет с 1960-2020 гг.

График № 1. Динамика численности населения Кыргызской Республики (1960-2024) человек



Анализ графика динамики численности населения Кыргызской Республики

Средняя многолетняя численность населения равна - 4 441 561,6

Коэффициент вариации или прирост населения по сравнению 2024 года с 1960 годом составила 332,6 %

Наблюдается тенденция (тренд) к направленному изменению во времени

$R^2 = 0,9786$ .

Амплитуда колебания равна 5 052 314,0

Таблица 1 - Данные Всемирного банка о населении Кыргызской Республики с 1960-2024 гг.

№ п/п	Годы	Значение	Годы	Значение	Годы	Значение	Годы	Значение	Годы	Значение
1	1960	2172300,0	1975	3292400,0	1990	4391200,0	2005	5162600,0	2020	6726596,0
2	1961	2255900,0	1976	3358700,0	1991	4463600,0	2006	5218400,0	2021	6851224,0
3	1962	2333400,0	1977	3423900,0	1992	4515400,0	2007	5268400,0	2022	6975220,0
4	1963	2413700,0	1978	3487100,0	1993	4516700,0	2008	5318700,0	2023	7099750,0
5	1964	2495300,0	1979	3552000,0	1994	4515100,0	2009	5383300,0	2024	7224614,0
6	1965	2573300,0	1980	3617400,0	1995	4560400,0	2010	5447900,0		
7	1966	2655300,0	1981	3685800,0	1996	4628400,0	2011	5514600,0		
8	1967	2736500,0	1982	3759300,0	1997	4696400,0	2012	5607200,0		
9	1968	2818300,0	1983	3838300,0	1998	4769000,0	2013	5719600,0		
10	1969	2894800,0	1984	3916400,0	1999	4840400,0	2014	5835500,0		
11	1970	2959900,0	1985	3990300,0	2000	4898400,0	2015	5956900,0		
12	1971	3022300,0	1986	4066500,0	2001	4945100,0	2016	6079500,0		
13	1972	3088200,0	1987	4144600,0	2002	4990700,0	2017	6198200,0		
14	1973	3153800,0	1988	4218400,0	2003	5043300,0	2018	6322800,0		
15	1974	3223900,0	1989	4307500,0	2004	5104700,0	2019	6456200,0		

#### Динамика строительства

Бишкек:

За 2024 год количество строящихся многоэтажных домов выросло на 111 объектов (с 382 до 493).

Всего в столице появилось 279 новых жилых зданий за год.

Ош:

Рост более скромный: +21 строящийся дом и +6 новостроек, всего +27 объектов.

Тенденция к увеличению этажности. Министр строительства отметил, что «40 этажей — не предел», что говорит о планах выхода на новые высотные стандарты.

Общее количество новых жилых зданий в Кыргызстане за 2024 год превысило 1 700

Вызовы и риски

Контроль качества и безопасности. При росте этажности требуется усиленный надзор за строительными нормами и инженерными расчётами.

Инфраструктурная нагрузка. Высотные дома увеличивают нагрузку на дороги, энергетику и водоснабжение.

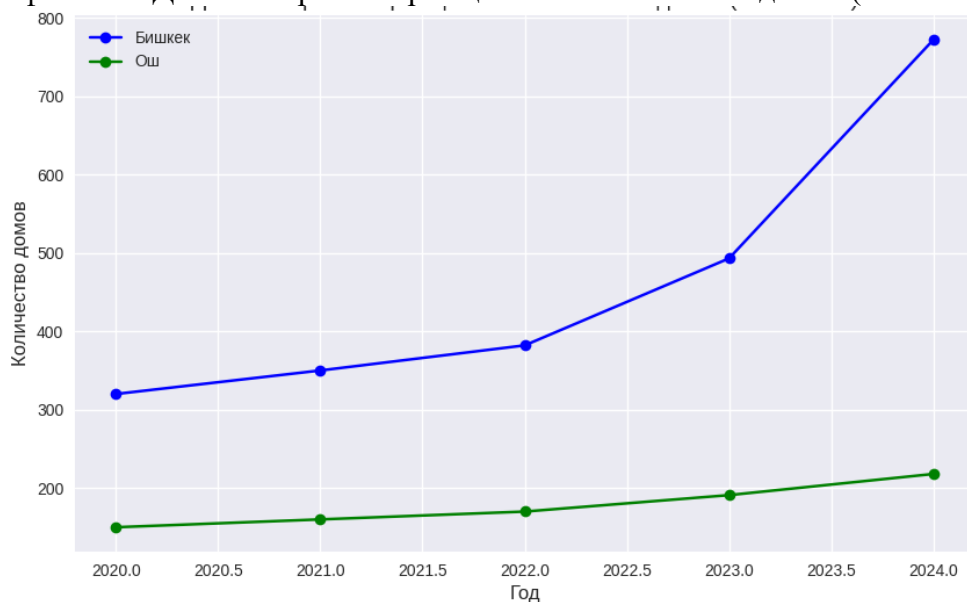
Социальный аспект. Высотные комплексы меняют привычный облик городов и требуют адаптации жителей к новым форматам жилья.

Вывод. Строительство высотных жилых домов в Кыргызстане — актуальный и стратегически важный процесс, особенно для Бишкека. Динамика показывает уверенный рост числа новостроек, а планы по увеличению этажности отражают стремление к модернизации городской среды.

Визуализация динамики строительства многоэтажных жилых домов в г. Бишкеке и в г. Ош за 2020–2024 годы.

На графике № 2. Отчетливо наблюдается, что тенденция строительства высотных зданий г. Бишкек демонстрирует стремительный рост, тогда как динамика строительства высотных зданий г. Ош более умеренная, но всё же положительная.

График № 2. Динамика роста строящихся многоэтажных домов (2020-2024)



Анализ графика № 2.

Рост строительства высотных зданий на территории г. Бишкек выросла с 320 домов в 2020 году до 772 в 2024 году. Это более чем двукратное увеличение за пять лет.

Рост строительства высотных зданий на территории г. Ош рост с 150 домов в 2020 году до 218 в 2024 году. Темпы ниже, но тенденция стабильная.

Общая динамика: столица становится центром высотного строительства, а г. Ош постепенно догоняет, но остаётся в меньших масштабах.

Вывод

г. Бишкек переживает строительный бум, что связано с высоким спросом на жильё и ограниченностью земельной площади.

г. Ош развивается более плавно, но также демонстрирует устойчивый рост.

Высотное строительство становится ключевым направлением развития жилищного сектора Кыргызской Республики.

Прогноз динамики строительства многоэтажных жилых домов в г. Бишкек и в г. Ош до 2030 года, рассчитанный на основе среднегодового темпа роста последних лет.

Таблица № 2.

Год	Бишкек (прогноз)	Ош (прогноз)
2025	~950	~235
2026	~1 150	~255
2027	~1 400	~275
2028	~1 700	~300
2029	~2 050	~330
2030	~2 450	~360

#### Вывод

г. Бишкек может выйти на уровень более 2 400 домов к 2030 году, что почти втрое больше нынешнего показателя.

г. Ош будет расти медленнее, но тоже увеличит фонд примерно на 65%.

Высотное строительство станет ключевым драйвером урбанизации, а нагрузка на инфраструктуру возрастёт многократно.

Материалы и методы. Материалами для анализа являются многолетние ряды ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики (тыс. квадратных метров) по данным Национального статистического комитета Кыргызской Республики.

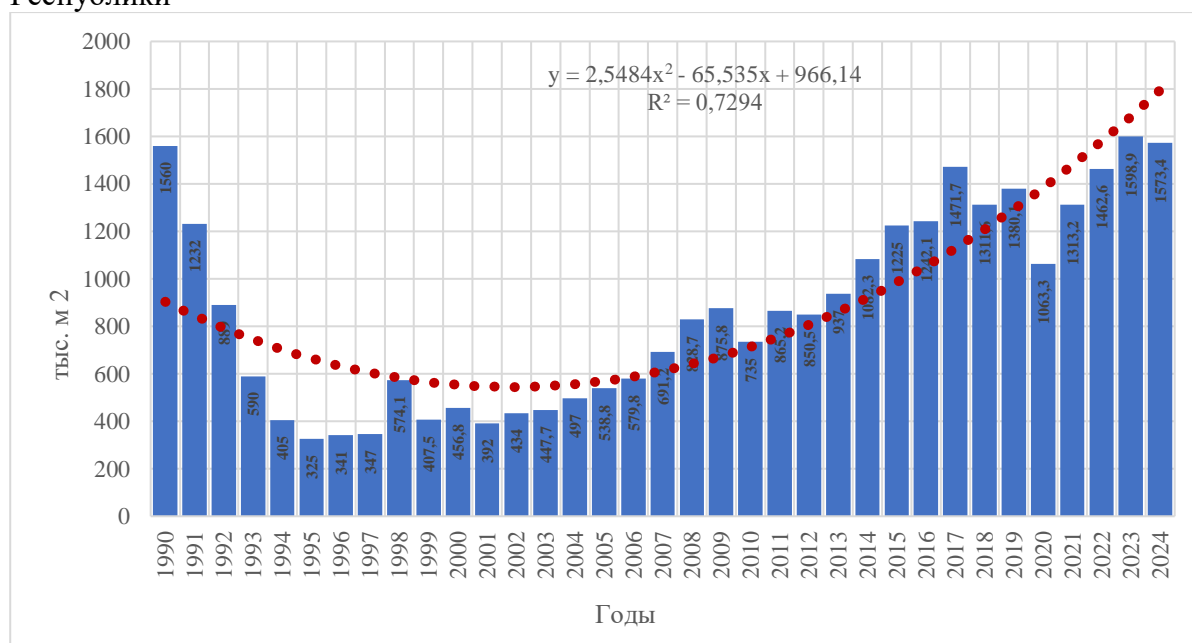
Ряды ввода в эксплуатацию жилых домов представлены в таблице №3. в многолетнем разрезе с 1990 по 2024 гг.

Таблица 3 - Ввод в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики

ГОДЫ	Кыргызская Республика	Баткенская область	Джалал-Абадская область	Иссык-Кульская область	Нарынская область	Ошская область	Таласская область	Чуйская область	г. Бишкек	г. Ош
1990	1560	107	270	150	76	330	68	283	276	-
1991	1232	108	159	102	46	205	63	244	194	111
1992	889	67	161	59	20	117	38	235	125	67
1993	590	36	119	26	14	78	16	127	117	57
1994	405	36	100	13	3	66	7	64	92	24
1995	325	29	63	10	2	68	4	50	89	10
1996	341	20	63	12	11	112	6	42	67	8
1997	347	27,3	36	11,6	10,5	106,3	8,3	58,3	75,2	13,5
1998	574,1	31,3	157,7	11,8	7,7	103,7	13,1	48,7	185,6	14,5
1999	407,5	34,9	46,5	18	6,1	112,8	14,1	42,8	96,7	35,6
2000	456,8	35,2	50,7	33,3	6,2	125,1	16,1	44,3	123,9	22
2001	392	40,5	47,9	18,8	11,1	120,7	17,8	47,9	67,6	19,7
2002	434	40,7	48,4	23,1	14,7	120,3	20,1	67,3	73	26,4
2003	447,7	40,2	49,8	27,5	17,4	109	20,1	71,2	82,5	30
2004	497	33,7	62,6	34,5	17,9	122,6	20,2	70,7	89	45,8
2005	538,8	23,6	67,7	31	18,7	152,1	20,8	56,5	132,8	35,6
2006	579,8	19,5	67,4	28,7	14,9	141,3	23,3	59,2	184,6	40,9
2007	691,2	28,9	86,4	29,1	16,4	160,7	18,7	73	241,3	36,7
2008	828,7	46,5	140,3	34,2	18,7	178,2	30,4	89	241,6	49,8

2009	875,8	50,7	88,4	36,5	20,9	195,1	32,6	96,1	302,3	53,2
2010	735	50,5	92,7	37,8	14	169,9	36,9	96,1	198,3	38,8
2011	865,2	39,4	69,4	23,8	3,9	143,8	24,3	106,8	383,7	70,1
2012	850,5	45	82	27,3	10,2	210,8	26	102,1	227,2	119,9
2013	937	51,7	98,9	34	28	159,5	32,3	123,7	362,4	46,5
2014	1082,3	68	119,9	42,9	30,6	172,7	39,4	139,9	419,7	49,2
2015	1225	56,8	115,2	41,5	23,5	174,5	42,4	157,8	536,4	76,9
2016	1242,1	58,2	137,5	54,8	28,8	184,1	44,8	140,6	522,5	70,8
2017	1471,7	63,9	166	61,3	28,3	196,5	45,2	182,6	692,3	35,6
2018	1311,6	67,7	177,5	72,6	34,9	191,5	44,2	172,5	455,2	95,5
2019	1380,1	80,4	198,3	85,9	39	188,8	48,2	169,6	492,8	77,1
2020	1063,3	55,1	169,7	88	45,3	161,2	50,7	186,6	258,9	47,8
2021	1313,2	63,4	186,1	85,8	43,1	237,9	63,2	168,3	348,6	116,8
2022	1462,6	76,5	211,3	89,2	40,1	276,7	69	221,3	379,9	98,6
2023	1598,9	117,3	267,7	63,9	29,4	240,6	60,1	218,2	513,7	88
2024	1573,4	68,9	299,9	82,9	32	190,8	83,7	151,1	539,1	125

График № 3. Динамика ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики



Анализ многолетних данных ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики показал:

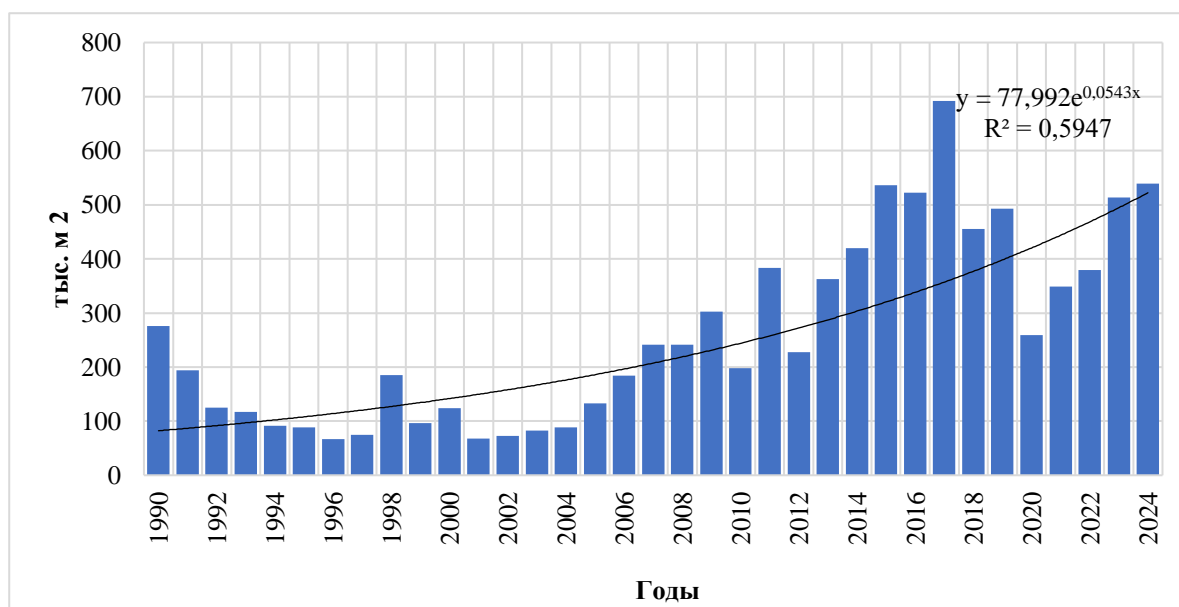
Средняя многолетняя величина ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики равна  $\text{гср} = 872,1$ .

Коэффициент вариации по сравнению 2024 года с 1960 годом составила 100,9 % ( $1573,4/1560 * 100 = 100,9\%$ ).

Наблюдается тенденция (тренд) к направленным изменениям во времени в связи с приростом ввода в эксплуатацию жилых домов.

$R^2 = 0.7294$ .

График № 4. Ввод в эксплуатацию жилых домов на территории г. Бишкек



Анализ многолетних данных ввода в эксплуатацию жилых домов на территории г. Бишкек Кыргызской Республики показал:

Средняя многолетняя величина ввода в эксплуатацию жилых домов на территории Кыргызской Республики равна  $\text{гср} = 262,5$ .

Коэффициент вариации в сравнении 2024 года с 1960 годом составила 195,3 % ( $539,1/276 * 100 = 195,3\%$ ).

Наблюдается тенденция (тренд) к направленным изменениям во времени в связи с приростом ввода в эксплуатацию жилых домов.

$$R^2 = 0.5947$$

Площадь земли и количество населения – это основа Государства, большие площади позволяют населению жить в достаточной для человека условиях проживания, поэтому земельные ресурсы играют ключевую роль в жизни деятельности любого народа, земельные ресурсы — это богатство народа.

Согласно Земельному кодексу Кыргызской Республики все земли, находящиеся в границах республики представляет собой земельный фонд республики. В целом в Государственных границах Кыргызской Республики насчитывается 19995,1 тыс. га земель.

Методология. В рамках данного исследования была проведена оценка динамики трансформации городских территорий Бишкека. Методология анализа основывалась на применении данных дистанционного зондирования Земли. Для этого были задействованы спутниковые снимки, полученные с аппаратов Landsat 5, Landsat 8 и Landsat 9, охватывающие пятнадцатилетний период.

#### Даты получения спутниковых снимков

Дата получения	2010/06/01	2015/06/01	2020/06/01	2025/06/01
Спутник	Landsat 5 L2SP	Landsat 8 L2SP	Landsat 8 L2SP	Landsat 9 L2SP
Максимальная облачность (%)	10	10	10	10

Для данного исследования использовали изображения Landsat L2SP (уровень отражения поверхности 2), которые уже

включают:

атмосферную коррекцию,

значения отражения поверхности,

маски облаков,  
и все необходимые метаданные.  
Расчет индексов (NDBI и NDVI)

Были рассчитаны два индекса:

NDBI – Нормализованный разностный индекс застроенности

Используется для выявления застроенных территорий (урбанизации).

Формула:

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$$

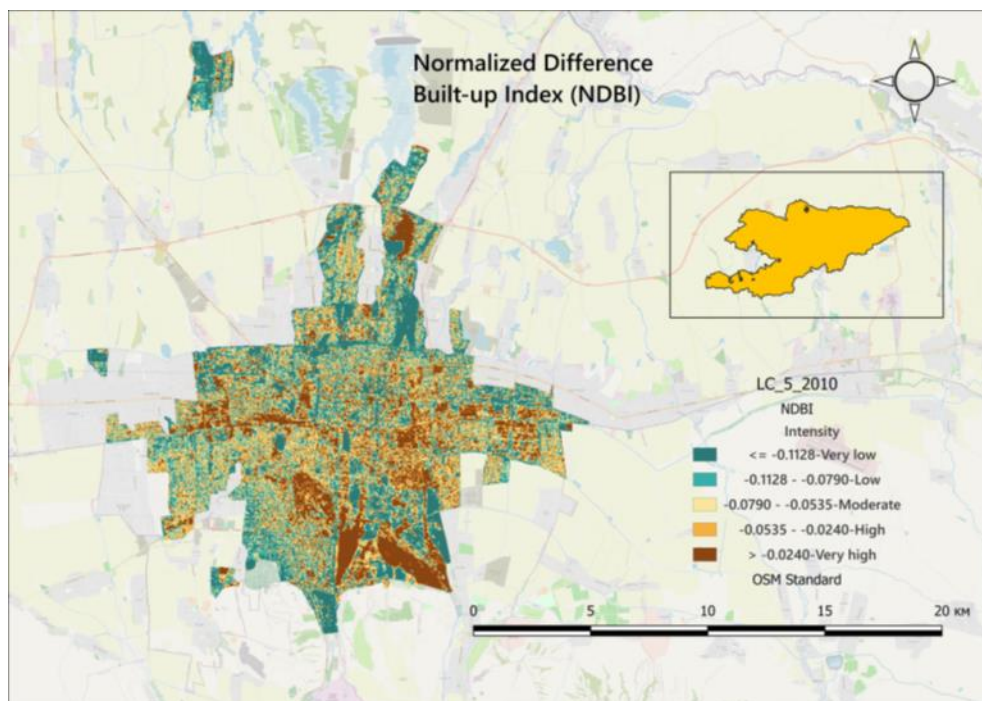
NDBI (Normalized Difference Built-up Index) – это специальный показатель, который помогает определить степень застроенности территории, то есть насколько она урбанизирована. Он рассчитывается по формуле, использующей данные спутниковых снимков.

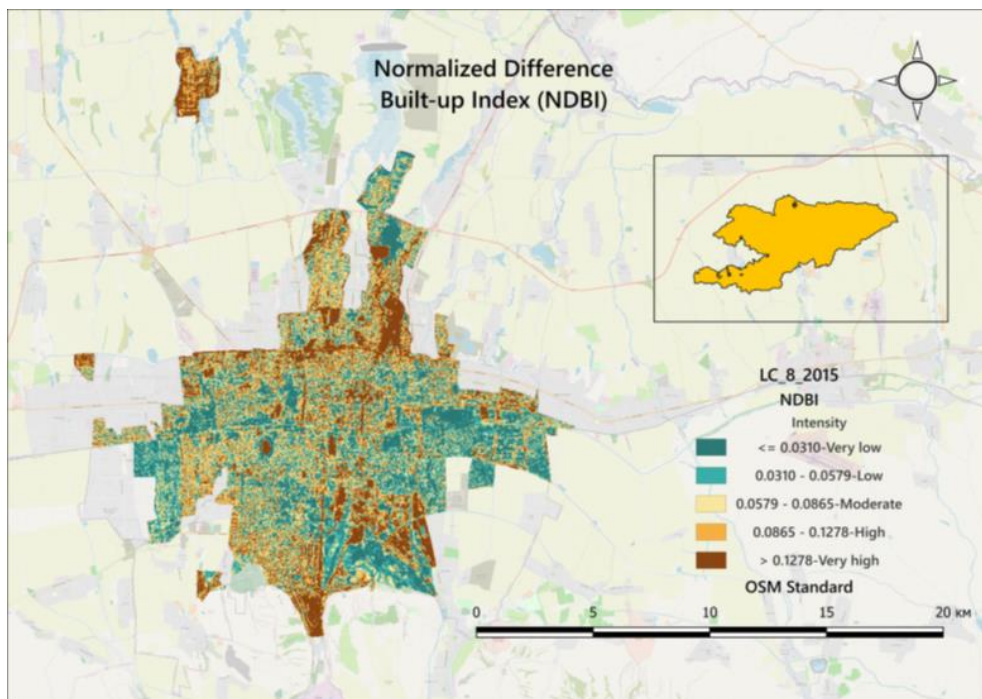
Для сравнения, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – это другой важный индекс, который, наоборот, оценивает количество и состояние растительности (биомассы) на основе того, как растения отражают свет. Он позволяет отслеживать здоровье растений, находить проблемные участки или засуху. Значения NDVI колеблются от -1 до 1: высокие значения говорят о здоровой и густой растительности, а низкие – о почве, воде или неживых объектах.

Динамика развития NDBI показывает, как меняется площадь застроенных территорий со временем.

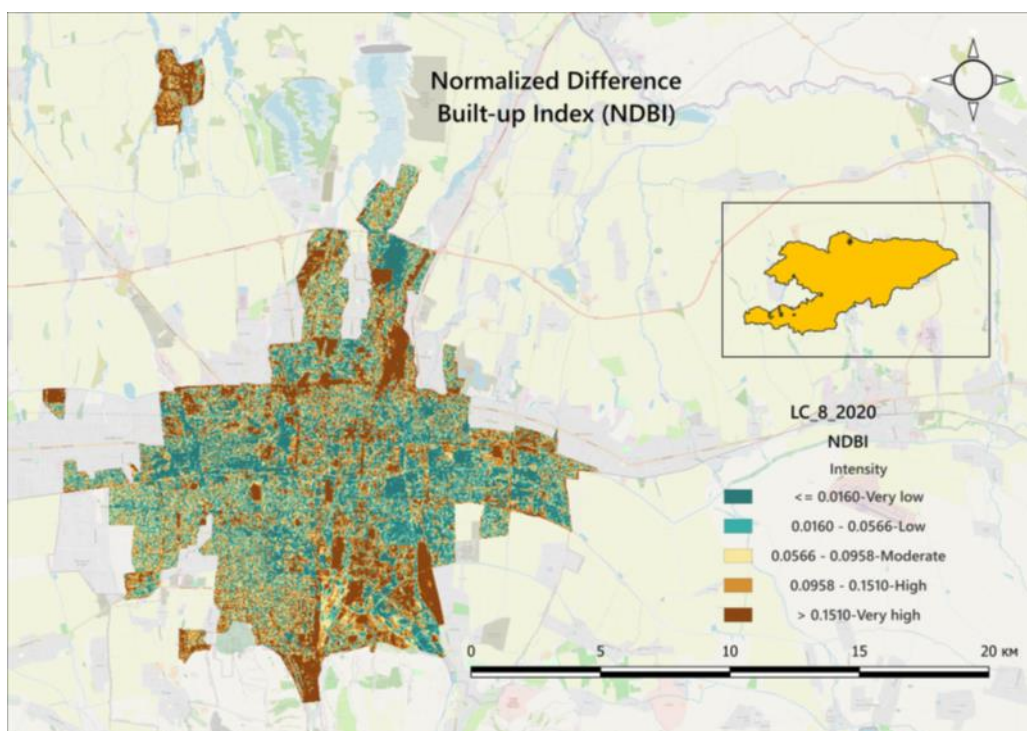
Динамика развития NDBI (застроенных территорий)

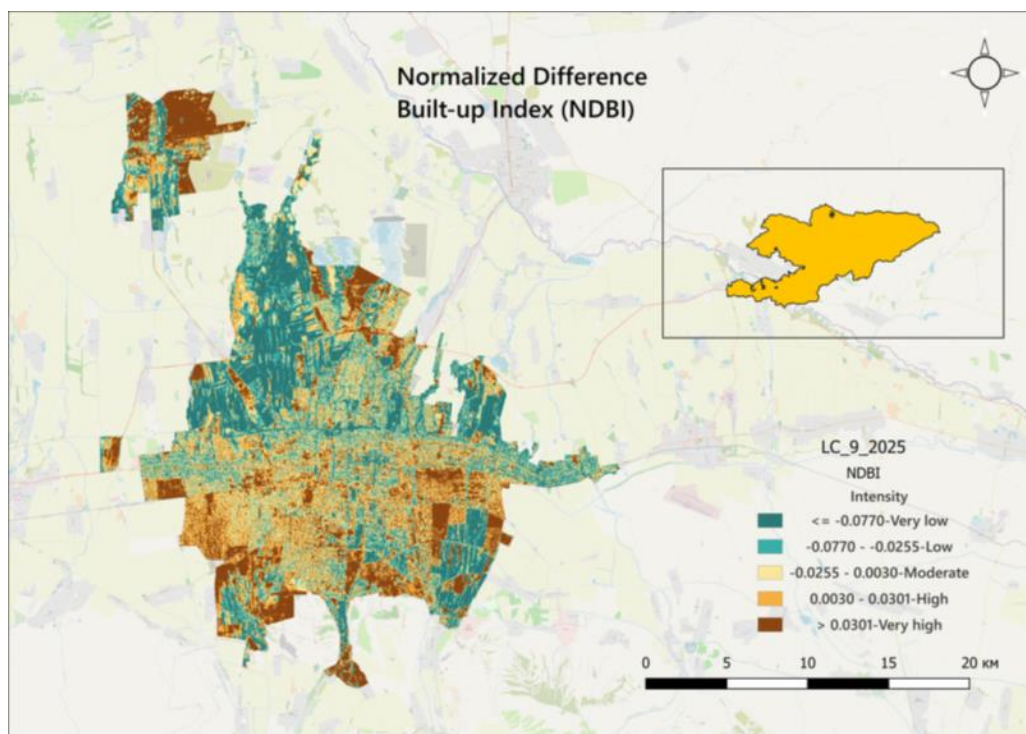
В течение пятилетнего периода с 2010 по 2015 год наблюдалась минимальная динамика в увеличении застроенных площадей, составившая всего 0,05%. Данный факт указывает на фазу замедленной урбанизации, в рамках которой развитие происходило преимущественно в пределах уже сформированных городских границ.





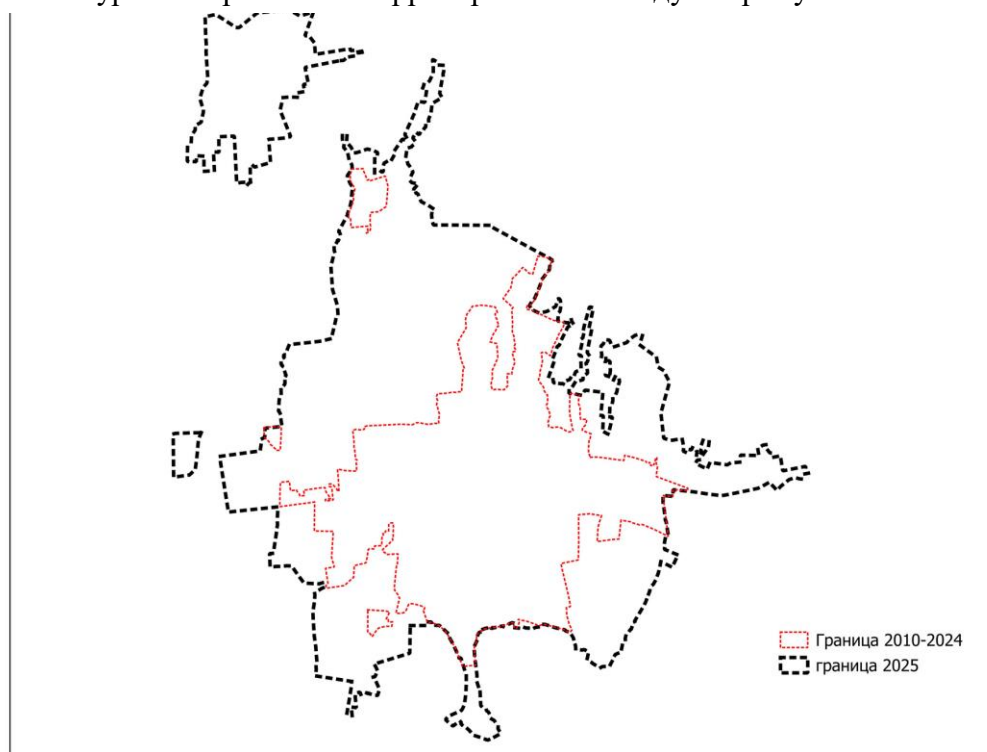
Аналогичная тенденция к стагнации в развитии городской среды, без существенных изменений в занимаемой площади, прослеживалась и в период с 2015 по 2020 год.





Период с 2020 по 2025 годы ознаменовался наиболее существенным увеличением урбанизированных зон, которые выросли в 2,45 раза. Это свидетельствует о динамичном территориальном расширении города и интенсификации застройки на его окраинах. За весь 15-летний промежуток (2010–2025 гг.) общая площадь застроенных территорий Бишкека увеличилась с 99,47 км<sup>2</sup> до 243,93 км<sup>2</sup>, что составляет почти двукратное увеличение (в 2,5 раза).

Резкое увеличение урбанизированных территорий в 2025 году напрямую связано с



официальным расширением административных границ Бишкека, которое произошло 6 марта 2024 года.

По указу президента общая площадь города увеличилась почти втрое — со 129 км<sup>2</sup> до 386 км<sup>2</sup>.

Расширение затронуло приграничные жилые районы, деревни и земельные участки, предназначенные для будущего развития и заселения.

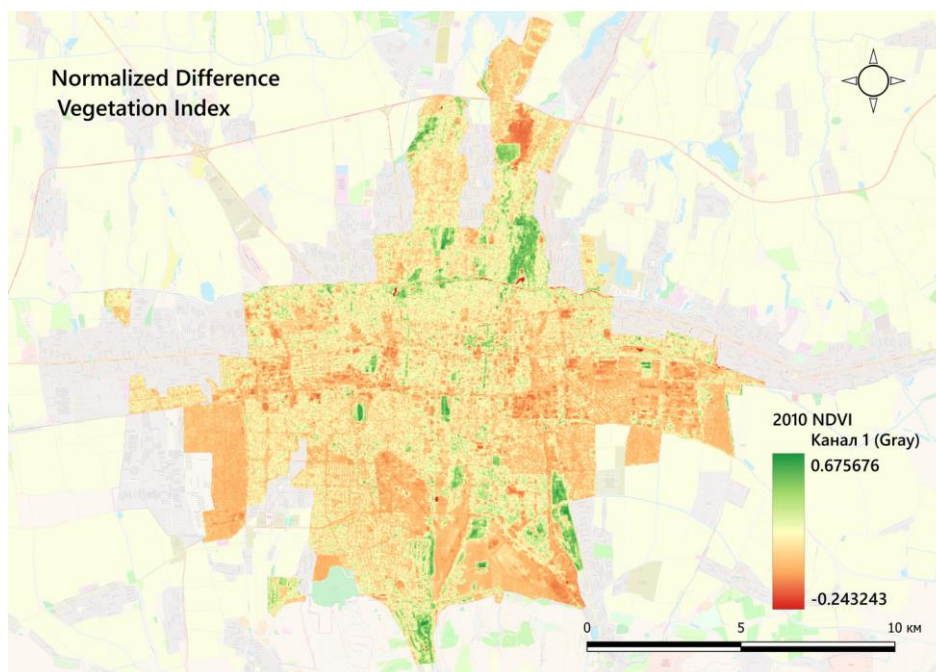
Таким образом, наблюдаемый рост урбанизированных территорий отражает как фактическое, так и административное расширение города.

Проведенный анализ согласуется с социально-экономическими тенденциями, задокументированными в международных источниках.

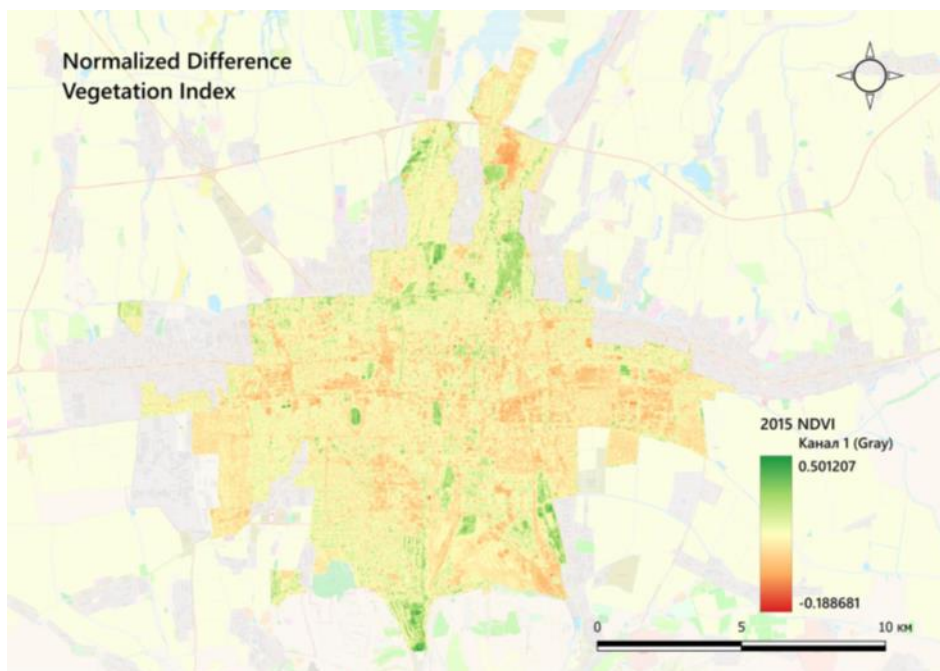
Согласно отчету ЕЭК ООН (2022 г.), Бишкек пережил стремительную урбанизацию за последние три десятилетия, обусловленную миграцией из сельских районов и земельными реформами, проведенными в 1990-х годах.

В результате на окраинах города активно развивались новые жилые кварталы, что подтверждает тенденцию к урбанизации после 2020 года, как показывают данные дистанционного зондирования.

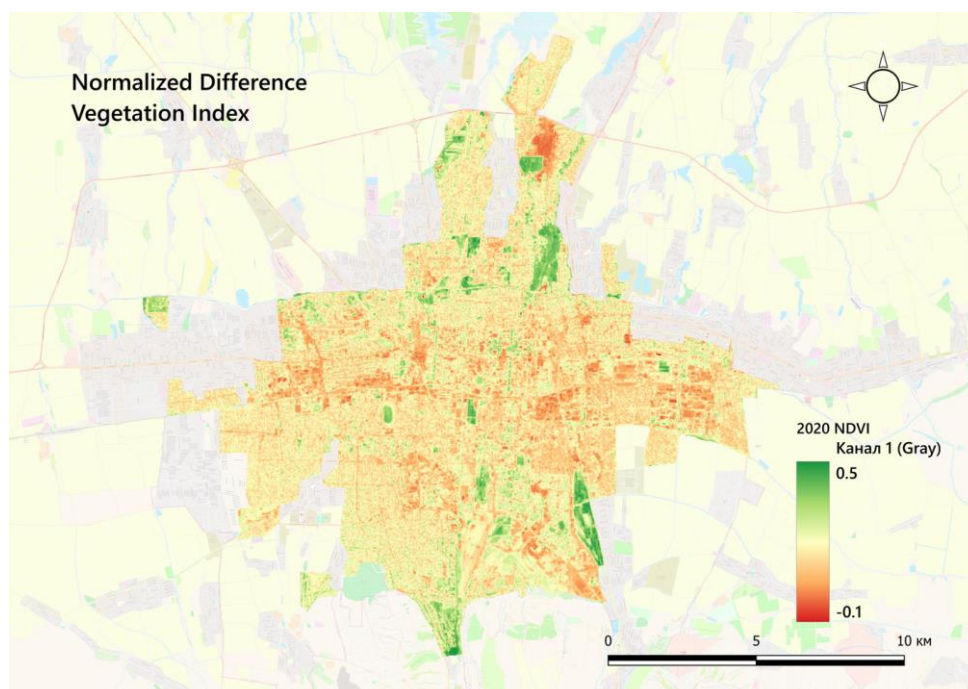
### Динамика NDVI (растительность)



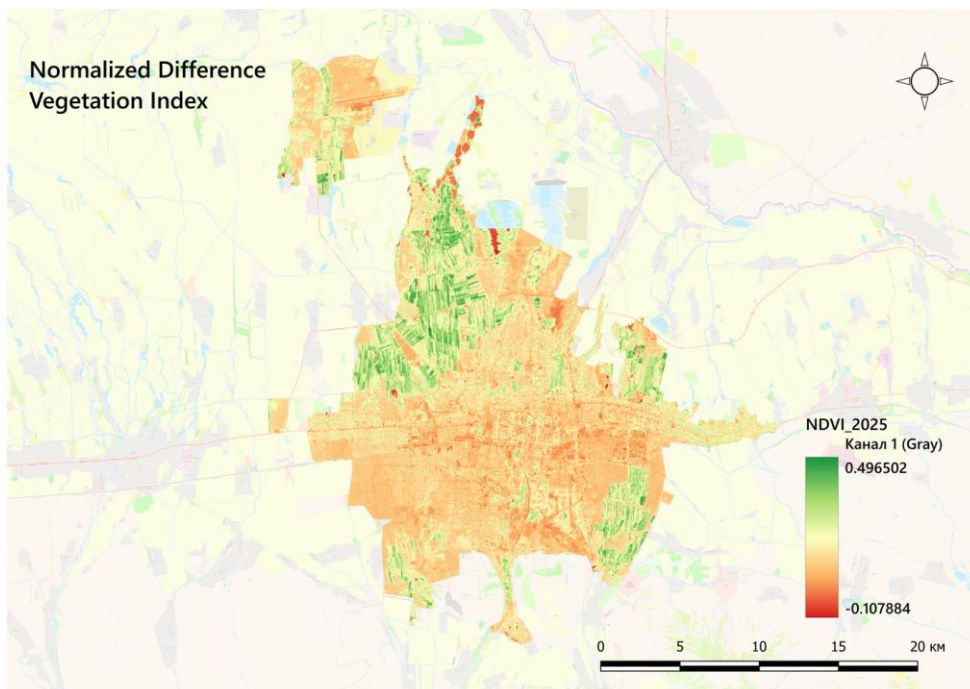
В 2010 году индекс NDVI колебался в пределах от -0,24 до 0,67. Эти показатели свидетельствуют о богатом растительном покрове и обилии зелёных насаждений, особенно заметных в северных районах и на окраинах города.



В 2015 году наблюдалось снижение диапазона NDVI до значений от  $-0,18$  до  $0,50$ . Это сопровождалось заметным сокращением растительного покрова в центральных районах Бишкека, что, вероятно, связано с активным развитием застройки в этих областях.



В 2020 году, несмотря на то что диапазон значений NDVI оставался относительно стабильным (от  $-0,10$  до  $0,50$ ), наблюдалось расширение площадей с низкими показателями. Это свидетельствует о продолжающемся уменьшении плотности растительного покрова.



**Заключение.** Результаты анализа NDBI и NDVI, наряду со статистикой строительства и данными о населении, ясно показывают, что Бишкек пережил стремительный урбанизационный рост в период с 2010 по 2025 год.

С 2010 по 2020 год расширение города оставалось стабильным, с незначительными изменениями внутри существующих городских границ. Однако после 2020 года наблюдается значительное увеличение застроенных площадей, особенно после официального расширения границ города в 2024 году.

Этот рост урбанизированной территории сопровождается постепенным снижением плотности растительности, демонстрируя обратную зависимость между NDBI и NDVI.

В целом, объединенная пространственная и статистическая информация подтверждает ускоренный процесс урбанизации, обусловленный ростом населения, строительной активностью и территориальным расширением Бишкека.

### Список литературы

1. UNECE. (2022). Urban development and housing policy in the Kyrgyz Republic. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe.
2. USGS. Landsat Science Products. Официальная документация по спутниковым данным. Доступно на: <https://www.usgs.gov>
3. NASA & USGS. Landsat 5, 8, 9 Mission Overview.
4. World Bank Open Data. Population of the Kyrgyz Republic (1960–2024).
5. Нацстатком КР. Официальные данные по численности населения и строительству. Бишкек: 2024.
6. Указ Президента от 6 марта 2024 года О расширении административных границ города Бишкек. 2024.
7. Лабутова, В.А. Использование индексов NDVI и NDBI для мониторинга городской застройки [Текст] / Вестник геоинформатики. - 2019. - №4.
8. Zha, Y., Gao, J., Ni, S. (2003). Use of NDBI to detect built-up areas in coastal zones. International Journal of Remote Sensing.
9. Bhatti, S. & Tripathi, N. (2014). Built-up area extraction using Landsat. Remote Sensing Letters. Roy, D.P. et al. (2014). Landsat-8: Science and Product Validation. Remote Sensing of Environment.

УДК 669.231

**Д.О. Туголбаев, Р.Ю. Хусаинова**И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика**D.O. Tugolbaev, R. Yu. Khusainova**I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
davlet2007@gmail.com**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ КВАРЦЕВЫХ РУД****КВАРЦТУУ РУДАЛАРДАН АЛТЫНДЫ ЭРИТМЕГЕ ӨТКӨРҮҮ  
ПРОЦЕССИНИН ТЕОРИЯЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК НЕГИЗДЕРИ****THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE GOLD  
LEACHING PROCESS FROM QUARTZ ORES**

Макалада Жерүй кен ордосунда таралган кварцтуу кендерден алтынды эритип алуу (выщелачивание) процессинин теориялык жана технологиялык негиздерин кароого арналган. Изилдөөнүн актуалдуулугу кайра иштетилүүчү минералдык чийки заттын сапатынын начарлашына таасир эткен факторлорду изилдөө жана технологиялык жактан татаал, жаңы алтын камтыган кендерди иштетүүгө тартуу зарылчылыгы менен негизделет. Макалада эритип алуу процесстеринин термодинамикалык жана кинетикалык аспектилери кеңири ачып көрсөтүлгөн, анын ичинде минералдардын кристаллдык түзүлүшүнүн, майдалоо даражасынын жана алтын бөлүкчөлөрүнүн морфологиясынын таасири каралган. Эритип алуунун баскычтарынын деталдуу схемасы берилген, чектөөчү факторлор жана диффузиялык каршылыктарды баалоо критерийлери талданган. Ошондой эле Талас алтын комбинаты алтын ылгоочу фабрикасында колдонулуучу эритип алуу жабдуулары сүрөттөлгөн: кычкылтек аралаштыргычтар, чаналар, аралаштыргычтар, цианидди автоматтык талдоочу жабдуулар жана көмүр колонналары (сорбция). Реалдуу технологиялык процесс да баяндалган: рН деңгээлин көзөмөлдөө, цианиддин концентрациясын жөнгө салуу, сынама алуу, пульпанын тыгыздыгы жана кычкылтек берүү режими. 1977–1991-жылдардагы эксперименттик маалыматтардын жана ИРГИРЕДМЕТтин тарыхый материалдарынын, ошондой эле заманбап кайталап жүргүзүлгөн лабораториялык сыноолордун негизинде майдалоо ирилигинин (125, 75 жана 40 мкм) жана цианирлөө убактысынын алтынды бөлүп алуу деңгээлине тийгизген таасири талданган. Изилдөөнүн жыйынтыгында 90%–38 мкм класска чейин майдалоодо 18–24 саат эритип алууда максималдуу алтын бөлүп алуу көрсөткүчү (≈93,5%) жетишилери аныкталган. Жумуш системалуу мүнөзгө ээ болуп, теориялык талдоону, ИРГИРЕДМЕТтин тарыхый маалыматтарын жана заманбап эксперименттик изилдөөлөрдү айкалыштырат. Натыйжада процесстин термодинамикалык мүнөздөмөлөрү менен Жерүй кени кениндеги өндүрүштүк тажрыйбанын өз ара байланышы көрсөтүлгөн.

**Түйүндүү сөздөр:** гидрометаллургия, термодинамика, выщелачивание, чыгым, Гиббс энергиясы, алтын, кварцтуу рудалар, бөлүп алуу технологиясы, диффузия, эксперимент, кинетика, циандаштыруу, майдалоо деңгээли, руданын минералдык курамы, проба, пульпа, рН көзөмөлү, цианид концентрациясы, алтын бөлүп алуу фабрикасы.

Статья посвящена рассмотрению теоретических и технологических основ процесса выщелачивания золота из кварцевых руд, распространённых на месторождении «Джеруй». Актуальность исследования необходима для изучения факторов ухудшения качества перерабатываемого минерального сырья и вовлечения в разработку новых, технологически упорных золотосодержащих руд. В статье подробно раскрыты термодинамические и кинетические аспекты процессов выщелачивания, включая влияние кристаллической структуры минералов, степени измельчения и морфологии золотин. Приведена детальная схема стадий выщелачивания, рассмотрены лимитирующие факторы и критерии оценки диффузионных сопротивлений. Описано оборудование выщелачивания, применяемое на золотоизвлекательной фабрике Таласского золотодобывающего комбината, включая смесители кислорода, чаны, мешалки, автоматические анализаторы цианида и угольные колонны сорбции. Приведено описание реального технологического процесса: контроль pH, регулирование концентрации цианида, пробоотбор, плотность пульпы, подача кислорода. На основании экспериментальных данных 1977–1991 гг. и современных повторных лабораторных испытаний анализируется влияние крупности помола (125, 75 и 40 мкм) и времени цианирования на извлечение золота. Установлено, что при тонкости помола 90% класса –38 мкм достигается максимальное извлечение ( $\approx 93,5\%$ ) при времени выщелачивания 18–24 часа. Работа носит системный характер, сочетает теоретическую проработку, исторические данные ИРГИРЕДМЕТ и современные экспериментальные исследования, демонстрируя взаимосвязь термодинамических характеристик процесса и реального промышленного опыта выщелачивания руд месторождения «Джеруй».

**Ключевые слова:** гидрометаллургия, термодинамика, выщелачивание [13], извлечение, энергия Гиббса, золото, кварцевые руды, технология извлечения, диффузия, эксперимент, кинетика, процесс, цианирование, тонина помола, минеральный состав руды, проба, пульпа, контроль pH, концентрация цианида, золотоизвлекательная фабрика.

*This article examines the theoretical and technological foundations of the gold leaching process from quartz ores occurring at the “Jerooy” deposit. The relevance of the study is determined by the need to investigate the factors contributing to the deterioration of processed mineral raw materials and the involvement of newly emerging, technologically refractory gold-bearing ores in production. The article provides a detailed analysis of the thermodynamic and kinetic aspects of leaching, including the influence of mineral crystal structure, particle size distribution, and gold morphology. A comprehensive scheme of the leaching stages is presented, along with limiting factors and criteria for assessing diffusion resistances. The leaching equipment used at the gold extraction plant of the Talas Gold Mining Enterprise is described, including oxygen mixers, leaching tanks, agitators, automatic cyanide analyzers, and carbon adsorption columns. The real technological process is outlined, covering pH control, cyanide concentration regulation, sampling, pulp density, and oxygen supply. Based on experimental data from 1977–1991 and modern repeated laboratory tests, the study analyzes the effect of grinding fineness (125, 75, and 40  $\mu\text{m}$ ) and cyanidation duration on gold recovery. It is established that at a grinding fineness of 90% passing –38  $\mu\text{m}$ , maximum recovery ( $\approx 93.5\%$ ) is achieved with a leaching duration of 18–24 hours. The work is systemic in nature, combining theoretical analysis, historical data from IRGIGEDMET, and contemporary experimental research, demonstrating the relationship between thermodynamic characteristics and the real industrial gold-leaching experience at the “Jerooy” ore deposit.*

**Key words:** hydrometallurgy, thermodynamics, leaching, gold recovery, Gibbs free energy, gold, quartz ores, extraction technology, diffusion, experiment, kinetics, cyanidation, grinding fineness, mineral composition, assay, pulp, pH control, cyanide concentration, gold extraction plant.

**Введение.** На территории Кыргызской Республики обнаружено более 100 видов рудных и нерудных полезных ископаемых. Наибольший интерес инвесторов к разработке полезных ископаемых вызывает золото ввиду динамического роста его стоимости на мировых биржах. В Кыргызстане выявлено более 2500 коренных и 170 россыпных проявлений золота. При этом, хотя большинство из них из-за небольших запасов являются рудными точками, не представляющими практический интерес, тем не менее, они дают хорошее представление о контурах рудных поясов и перспективных участков. Более 100 коренных и около 20 россыпных проявлений золота имеют хорошие потенциал к дальнейшему изучению и разработке. Общий объем запасов золота оценивается, более чем 666 тонн. Наиболее крупными являются Кумтор (свыше 300 тонн), Джеруй и Талды-Булак Левобережный (свыше 70 тонн), Макмал, Бозымчак, Иштамберды, Үңкүр-Таш (от 30 до 70 тонн).

На каждом золотоизвлекающем производстве в обязательном порядке используется процесс выщелачивания, как один из необходимых этапов, заключающийся в переводе одного или нескольких компонентов из твердой фазы в раствор в результате взаимодействия ее с растворителем.

Гранулометрическая характеристика и морфология золота оказывает существенное влияние на процесс выщелачивания. Присутствие в цианируемых рудах зерен золота крупнее 0,1-0,2 мм - один из признаков технологической упорности руд. Медленное растворение крупных частиц золота требует специальных условий и оборудования при выщелачивании.

Извлечение золота из технологически упорных руд становится все более актуальной проблемой в связи с ухудшением качества перерабатываемого сырья и введением в эксплуатацию новых месторождений упорных руд. Наличие в рудах тонковкрапленного золота в пирите и в других сульфидных включениях является одной из причин технологической упорности золоторудного сырья. Как правило, носители тонковкрапленного золота (например, кварц и золотосодержащие сульфиды) обладают плотной механической структурой, слабо проницаемой для цианистых растворов. Крупность частиц золота в сульфидах лежит за пределами разрешающей способности микроскопа. Золото преимущественно находится в виде включений крупностью менее 0,2 мкм.

**Теоретические основы выщелачивания.** Процесс выщелачивания определяется термодинамической устойчивостью самих минералов и термодинамическими характеристиками реакций их взаимодействия с реагентами.

Химическая устойчивость минералов определяется величиной энергии кристаллической решетки, которая зависит от ряда факторов:

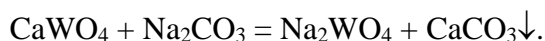
- типа решетки (кубическая, гексагональная, тетрагональная и др.);
- размера ионов, атомов, молекул, входящих в состав решетки;
- вида химической связи между ними (ковалентная, ионная и др.);
- степени окисления элементов, являющихся структурными единицами в решетке;
- наличия дефектов (внедренные атомы, вакансии и т.п.).

Из кристаллических структур более устойчивыми являются те, которые обладают наименьшим запасом энергии, т. е. чем плотнее упаковка атомов в кристаллической решетке, тем большей химической устойчивостью обладает вещество.

**Кинетика процесса.** Кинетика и механизм процесса выщелачивания определяется структурой и составом (фазовым и химическим) растворяемого вещества, физико-химическими свойствами реагента-растворителя.

Скорость процесса выщелачивания (количество вещества, перешедшее в раствор в единицу времени) зависит от многих факторов: концентрации реагентов в растворе, температуры, интенсивности перемешивания, крупности материала и т. д.

Наиболее полная модель процесса выщелачивания соответствует условиям, когда в ходе химической реакции, протекающей на минеральной поверхности, образуется нерастворимое соединение, например, при выщелачивании шеелита содой:



Такой процесс включает следующие стадии (рис. 1):

1. Транспорт реагента из объема раствора к границе раздела фаз твердое-жидкое - внешнедиффузная зона;
2. Транспорт реагента через слой нерастворимого продукта реакции (например,  $\text{CaCO}_3$ ) - внутريدиффузная зона;
3. Собственно химическая реакция на минеральной поверхности - кинетическая область;
4. Транспорт растворенного вещества от поверхности реакции через слой нерастворимого продукта реакции;
5. Транспорт растворенного вещества в объем раствора через слой жидкости на границе раздела фаз твердое-жидкое.



Рисунок 1 - Схема протекания процесса выщелачивания, где 1 - внешнедиффузный слой толщиной  $\delta_1$ ; 2 - граница раздела фаз жидкое-твердое; 3 - внутريدиффузный слой толщиной  $\delta_2$ ; 4 - реакционная поверхность;  $C_0, C_1, C_2$  – концентрация реагента соответственно в объеме раствора, на границе раздела фаз, на реакционной поверхности;  $C'_2, C'_1, C'_0$  - концентрация продукта реакции соответственно на реакционной поверхности, на границе раздела фаз, в объеме раствора;  $J_1; J_2; J_3; J_4$ - количество вещества (растворителя или растворенного), переносимого в единицу времени к единице поверхности

Если выщелачивание сопровождается образованием плотного слоя труднорастворимого продукта реакции, то лимитирующей стадией процесса будет диффузия вещества через этот слой, т.е. процесс в данном случае будет протекать во внутريدиффузной области. Основным признаком протекания процесса во внутريدиффузной области является снижение удельной скорости выщелачивания по мере увеличения его продолжительности.

Если скорость процесса выщелачивания существенным образом зависит от интенсивности перемешивания, то это свидетельствует о том, что процесс протекает во внешнедиффузной области. В этом случае массоперенос вещества лимитируется скоростью диффузии через слой жидкости на границе твердое-жидкое толщиной  $\delta_1$ . Толщина этого диффузионного слоя составляет 20-50 мкм и, в значительной мере, зависит от относительной скорости движения раствора и жидкости.

В некоторых случаях лимитирующей стадией процесса является химическая реакция, протекающая на минеральной поверхности. На протекание процесса в кинетической области указывает сильное влияние температуры на скорость выщелачивания.

**Оборудование для выщелачивания.** На золотоизвлекательной фабрике “Джеруй” сфера деятельности аппаратчика выщелачивания начинается с подачи пульпы на выщелачивание и заканчивается подачей пульпы на контрольный грохот угля. В данном секторе производственного процесса находится следующее оборудование:

- Поточный смеситель кислорода питания выщелачивания Prequip Поточный смеситель "Atomix", Ду 350, 260-344м<sup>3</sup>/ч на единицу при расчетном давлении 1,8бар (310-IM-01)

- Чаны выщелачивания 1-5, рабочий объем каждого чана 1720м<sup>3</sup>, диаметр 13м, высота 13м (310-ТК-01/02/03/04/05)

- Мешалки чанов выщелачивания Mixtec 4009 (310-AG-01/02/03/04/05)

- Анализатор цианида ТАС 1000 (310-СА-01)

- Насос-дозатор цианида Mono C32M (310-PP-01)

- Детектор цианистого газа POLYTRON 7000 (310-GD-01)

- Насос разливов участка выщелачивания Weir Warman 65 SP - 5VOM (310-PP-02)

- Чаны угольной сорбции 1-8, рабочий объем каждого чана 70м<sup>3</sup>, открытая емкость с плоским дном, низкоуглеродистая сталь, диаметр 4,3м, высота 6,2м (320-ТК-01/02/03/04/05/06/07/08)

- Механизмы мешалка-грохот 1,2,3,4,5,6,7,8 Kemix MPS 450 (P), размер отверстий 0,63мм (320-PC-01/02/03/04/05/06/07/08)

- Насос перекачки насыщенного угля Weir Warman 3/3 TC (320-PP-01)

- Грохот насыщенного угля Vibramech H1-36-09 (320-SC-01)

- Кран-балка участка угольной сорбции и обработки хвостов Atlant, грузоподъемность 10 тонн (320-НО-01)

- Контрольный грохот угля Vibramech H1-36-18 (320-SC-02)

- Промежуточный зумпф для хвостов, рабочий объем 12м<sup>3</sup> (320-ТК-09)

- Насосы перекачки хвостов Weir Warman 8/6E AH WRT Metal (320-PP-02/03)

- Насос разливов участка угольной сорбции/обработки хвостов Weir Warman 3" DTV (320-PP-04)

- Автоматический пробоотборник питания выщелачивания Multotec 250-ТЮ-20/2/15. (310-СА-01).

**Описание процесса выщелачивания.** Нижний слив сгустителя выщелачивания плотностью 45% и производительностью 263м<sup>3</sup>/час насосами подается через пульпопровод на участок выщелачивания. В пульпопровод установлен поточный смеситель кислорода, тем самым пульпа насыщается кислородом до попадания в первый чан выщелачивания. Подача кислорода играет очень важную роль в процессе выщелачивания, так как выступает катализатором (ускорителем) реакций и так как участок находится на высотной отметке, тем самым самого кислорода в воздухе присутствует меньше, проектом предусмотрено подача кислорода концентрацией 20ppm.

Потребление кислорода составляет согласно проекту 58,4 кг/час, эффективность добавки кислорода 90%. Перед тем как пульпа попадает в чан выщелачивания вся пульпа проходит через автоматический пробоотборник, где в промежутке времени отсекается сменная проба для контроля содержания поступающей руды.

Отделение выщелачивания состоит из 5 резервуаров каждый 1720м<sup>3</sup>, открытая емкость с плоским дном, низкоуглеродистая сталь, диаметр 13м, высота 13м (310-ТК-01/02/03/04/05). Пульпа перемешивается при помощи мешалок со спаренными лопастями фирмы Mixtec 4009 (310-AG-01/02/03/04/05). Поток пульпы из одной емкости выщелачивания в другую осуществляется через взаимосвязанную систему желобов. Процесс выщелачивания продолжительный, общее время удержания составляет 32,5 часа, поэтому

проект был разработан таким образом, чтобы можно было легко изолировать и обойти каждую емкость в случае поломки оборудования (например, мешалка, межкаскадный грохот, т.д.) Каждое выпускное отверстие желоба оборудовано двумя запорными клапанами, первый запорный клапан обычно открыт и питает следующий резервуар по линии, второй закрыт и соединяет с обводным лотком. Раствор цианидов закачивается через кольцевой трубопровод, откуда он дозируется в первый и второй резервуар выщелачивания путем открытия соответствующего дозирочного клапана.

Переливы собираются в зумпф дренажного насоса, откуда откачиваются обратно в чаны выщелачивания.

**Методология контроля и управления процессом выщелачивания.** В основном управление процессом выщелачивания осуществляется оператором вручную. Пробоотборник рН установлен в емкости выщелачивания 1,2, чтобы способствовать автоматическому добавлению извести для поддержания рН. Однако ручной рН-метр используется для измерения рН в остальных емкостях выщелачивания, и скорость добавления извести в щеполоуловитель увеличивается вручную в случае необходимости.

Дренажные насосы запускаются и останавливаются вручную при срабатывании индикатора низкого уровня. Автоматический анализатор цианидов ТАС1000 используются, чтобы измерить концентрацию цианидов в емкостях выщелачивания. Анализатор будет контролировать добавление цианида в емкости выщелачивания при помощи регулирующих клапанов на соответствующих трубопроводах. Концентрацию цианида также можно измерить вручную с помощью титрометра. Анализатор должен калиброваться регулярно и титриметрические показатели будут использоваться для проверки точности автоматического анализатора цианидов.

**Контроль процесса выщелачивания.** Мониторинг рН: щелочность пульпы должна поддерживаться при рН показателях примерно 10,5 и 11. Известь подается в процессе на стадии питания мельницы полусамозмельчения. Показатель уровня рН отслеживается автоматически путем использования пробоотборника рН, расположенного в резервуаре выщелачивания 1 ТАС 1000.

Дополнительно к автоматическому контролю рН, описанному выше, аппаратчик выщелачивания вручную измеряет уровень рН в каждом резервуаре в заданном интервале. Для этого используется ручной рН-метр. рН метр снабжен инструкциями по применению, которые должны строго соблюдаться.

**Пробоотбор питания выщелачивания.** Пробоотбор питания выщелачивания выполняется автоматически с использованием автоматический пробоотборник питания выщелачивания Multotec 250-ГИО-20/2/15. (310-SA-01) запрограммированного брать пробы в определенные промежутки времени. Продукт пробоотборника собирается в контейнере, чтобы сформировать партию смешанных проб питания процесса выщелачивания.

Аппаратчик выщелачивания является ответственным за сбор усредненных проб и подготовкой их для отправки в лабораторию. Пробы служат для того, чтобы контролировать извлечение золота и определить причины возможных потерь. Показатели используются для подсчетов.

**Концентрация цианида.** Раствор цианидов обычно готовится 20% концентрации (NaCN), при высоком уровне рН, в отделе реагентов и закачивается через кольцевой трубопровод. Цианид добавляется в первый и второй чан выщелачивания. Режим добавки контролируется автоматическим анализатором цианидов, который регулирует положение дозирующих клапанов цианидов.

Скорость подачи цианидов контролируется, чтобы достичь концентрации в резервуаре выщелачивания №1 (0,40 – 0,45) г/л.

Один литр пробы пульпы отбирается из выбранных резервуаров в заданном интервале. Пробы фильтруются, раствор титруется для определения свободного цианида.

**Плотность пульпы.** Плотность пульпы во всех резервуарах измеряется в заданном интервале с помощью весов плотномеров. Чтобы проверить плотность пульпы, необходимо отбирать ручную пробу на плотность пульпы питания и резервуаров выщелачивания:

- Заполнить 1-литровый контейнер загружаемой на выщелачивание пульпой.
- Поместить контейнер с раствором на весы со шкалой замера плотности.
- Снять показания плотности раствора, согласно стрелке, на шкале плотности.

Точное измерение относительной плотности пульпы основано на использовании ровно 1 литра пробы. Важно использовать контейнер со шкалой и калибровать шкалу относительной плотности раз в смену. Калибровка производится путем измерения плотности воды. Если стрелка не показывает 1.00, следует повернуть регулировочный болт, пока стрелка не покажет 1.00.

**Экспериментальная часть.** В ходе технологических лабораторных испытаний руды месторождения Джеруй, проведенных институтом ИРГИРЕДМЕТ и Центральной лабораторией Управления геологии Киргизской ССР в 1977-1991 годах для утверждения запасов продемонстрировали, что все 18 технологических проб руды однотипны по вещественному составу, золото в них тонкое, до эмульсионной вкрапленности и равномерно распределено по классам крупности во всех пробах руды. Извлечение золота в среднем по пробам составило 91,36% при помоле руды до крупности менее 0,074 мм (95%). Концентрация цианидов 0,1 %. Время выщелачивания 24 часа. Расход NaCN 0,5-0,6 кг/т руды. Расход CaO 1,5-2,0 кг/т руды.

По вещественному составу руда месторождения Джеруй относится к единому промышленному типу – кварц-золотосульфидному убогосульфидному, и представлена породами, состоящими из жильного кварца и гранодиоритов крепкого сложения. Глина и осадочные элементы составляют менее 5% от запасов руды.

Таблица 1 - Минералогический состав руды, полученной из Северо-Западного участка карьера открытых горных работ месторождения «Джеруй» выглядит следующим образом

Минералы	Кварцевый	Существенно-кварцевый
Кварц	78,3	48,2
Полевой шпат	8,3	28,4
Карбонаты	5,2	13,2
Рудные минералы (пирит, арсенопирит, галенит и др.)	2,6	2,3
Биотит, амфибол, хлорит, серицит	1,1	6,4

По данным рационального анализа в руде содержится от 85 до 93% цианируемого золота, в том числе от 14 до 30% свободного. Остальная часть золота покрыта пленками гидрооксидов железа (1-12%), незначительная часть связана с сульфидами. Количество сульфидов не превышает 1%. Частицы золота мелкодисперсны и в целом не превышают 50 мкм. Рудные минералы, количество которых составляет 1-2%, представлены в основном пиритом, халькопиритом, галенитом, минералами висмута – тетрадимитом, висмутином, реже халькозином и бурнонитом. Жильные (нерудные) минералы, составляющие основную часть месторождения, представлены кварцем, полевым шпатом, глинистыми и серицитовыми минералами, карбонатами.

В ходе повторения эксперимента, проведен анализ влияния тонкости помола и времени на извлечение золота. Выщелачивание руды, измельченной до тонкости помола 125 мкм, позволяет извлечь 84.34% золота за 48 часов процесса. Кинетика выщелачивания проходит активно – за первые 4 часа переходит в раствор 74.5% золота и 27% серебра. Выщелачивание руды, измельченной до тонкости помола 75 мкм, позволяет извлечь 81.17% золота за 48 часов процесса. Кинетика выщелачивания проходит более умеренно – за первые 12 часов переходит в раствор 77.41% золота и 33.6% серебра. Выщелачивание руды,

измельченной до тонкости помола 40 мкм, позволяет извлечь 73.27% золота за 48 часов процесса. Кинетика выщелачивания проходит активно – за первые 4 часа переходит в раствор 69% золота и 50% серебра.

Кроме этого, на основании дополнительных экспериментов анализировалось влияние тонкости помола (80%, 85%, 90% класса -38 мкм) и времени цианирования (от 6 до 32 часов) на извлечение золота. Согласно результатам эксперимента, при увеличении тонкости помола до 90% (минус 38 мкм) наблюдается повышение извлечения до 93,5% при всех временах выщелачивания от 6 до 32 часов. Однако максимальное извлечение достигается уже при 18-24 часах при тонкости помола 90%, и дальнейшее увеличение времени цианирования до 32 часов не приводит к дополнительному повышению извлечения. Таким образом, имеется положительный эффект при увеличении тонкости помола до 90%, в связи с чем, не требуется дополнительного увеличения времени цианирования.

### Список литературы

1. Лодейников, В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд [Текст] / В.В. Лодейников. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет-центр», 1999. – Т. 1. – 42 с.
2. Латышева, О.Г. Использование поверхностно-активных веществ в процессах горного производства [Текст] / О.Г. Латышева // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. – 2000. – Вып. 11, серия «Горное дело». – С. 155–161.
3. Масленицкий, И.Н. Металлургия благородных металлов [Текст] / И.Н. Масленицкий, Л.Г. Чугаев. – М.: Metallurgy, 1972. – 366 с.
4. Каковский, И.А. Кинетика процессов растворения [Текст] / И.А. Каковский, К.М. Поташников. – М.: Metallurgy, 1982. – 135 с.
5. Барченков, В.В. Основы сорбционной технологии извлечения золота и серебра из руд [Текст] / В.В. Барченков. – М.: Metallurgy, 1982. – 157 с.
6. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов [Текст] / Н.Б. Урьев. – М.: Химия, 1988. – 256 с.
7. Букетов, Е.А. Гидрохимическое окисление халькогенов и халькогенидов [Текст] / Е.А. Букетов, М.З. Угорец. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 326 с.
8. Седельникова, Г.В. Технология извлечения золота из упорных золотосульфидных концентратов Албазинского месторождения с использованием бактерий [Текст] / Г.В. Седельникова, Е.Е. Савари, Т.Ф. Кондратьева и др. // Горный журнал. – 2005. – № 1. – С. 59–63.
9. Мельникова, Т.Н. К вопросу оптимизации процесса измельчения руд [Текст] / Т.Н. Мельникова, Н.Г. Яглюкова, Н.М. Лиганкова // Обогащение руд. – 2006. – № 4. – С. 5–8.
10. Кожонов, А.К. Обзор и классификация промышленных отходов рудных месторождений Кыргызской Республики [Текст] / А.К. Кожонов, К.А. Ногаева, М.С. Монаханов // Известия КГТУ. – Бишкек: 2016. – Т. 39, № 1. – С. 259–263.
11. Кожонов, А.К. Технологические аспекты вовлечения в переработку техногенного сырья горнодобывающей промышленности Кыргызской Республики [Текст] / А.К. Кожонов // Известия КГТУ. – Бишкек: 2013. – № 28.
12. Кожонов, А.К. Ресурсосберегающие технологии переработки минерального сырья в горнодобывающем секторе Кыргызской Республики [Текст] / А.К. Кожонов, К.А. Ногаева, У.Ж. Сатыкбаева, А.Ж. Турусбекова // Известия КГТУ. – Бишкек: 2022. – № 3 (63). – С. 121–130.
13. Тишуров, М.К. Исследование и выбор процессов гидрометаллургии для извлечения меди и золота из окисленных руд месторождения Куру – Тегерек [Текст] / М.К. Тишуров, А.Т. Эгембердиев // Известия КГТУ. – Бишкек: 2025. – № 1 (73). С. 108–113.

Алмакучукова Г.М., Кемелбек у К  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Almakuchukova G.M., Kemelbek u K  
KSTU named after. I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic  
gulzamalalma@gmail.com

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА

### АЛТЫНДЫ ЭРИТҮҮДӨ БАКТЕРИЯЛЫК ЫКМАНЫ КОЛДОНУУДАГЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ЧЕЧИМ

#### "TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE APPLICATION OF BACTERIAL LEACHING OF GOLD"

Бүгүнкү күндө экологияны жана адам ден-соолугун сактоо маселеси өндүрүш тармагында чоң орунду ээлеп, химиялык ыкмалардын ордуна биологиялык ыкмаларды колдонуу заманбап чечим катары каралууда. Цианид кошундуларын микроорганизмдердин жардамы менен бузуу ыкмасы чыгым жагынан да, айлана-чөйрөгө болгон коопсуздугу жагынан да химиялык ыкмаларга салыштырмалуу артыкчылыкка ээ. Бул макалада «Макмал-Алтын» фабрикасынын аймагынан цианид менен булганган саркынды суудан микроорганизмдерди бөлүп алуу жана аларды илимий жактан кароо иштерине көңүл бурулган.

**Түйүндүү сөздөр:** изилдөө, эритме, цианид, бактерия, экология, өндүрүш, саркынды суулар.

Современная ориентация на защиту природной среды и здоровья людей обуславливает востребованность комплексных подходов, основанных на природных биологических процессах вместо химических технологий. Микробиологическое разложение цианидов рассматривается как жизнеспособная замена химическим методам благодаря своей экономической доступности и низкому экологическому воздействию. В данной статье представлены результаты исследований по описанию исследуемых участков и по изоляции микробных популяций из зон техногенного загрязнения цианидами и тяжёлыми металлами на площадке золотодобывающего предприятия «Макмалзолото».

**Ключевые слова:** исследование, раствор, цианид, бактерия, экология, производство, сточные воды.

Growing concern for environmental protection and human well-being highlights the value of integrated strategies that rely on natural biological mechanisms as a substitute for conventional chemical approaches. Biological breakdown of cyanides stands out as a practical replacement for chemical treatments because it is both cost-effective and environmentally friendly. This paper presents a series of studies focused on describing the properties of the investigated sites and on obtaining enrichment cultures of microorganisms from industrial areas of the Makmalzoloto gold processing plant polluted with cyanides and heavy metals.

**Key words:** research, solution, cyanide, bacterium, ecology, production, wastewater.

**Киришүү.** Бактерияларды тазалоо салттуу методдорго караганда бир катар артыкчылыктарды сунуш кылат. Биринчи кезекте бул экологиялык жактан таза, анткени ал

уулуу заттарды колдонбойт, тескерисинче экологиялык таза бактерияларды колдонот. Жөнөкөй процесстер жана энергияны аз керектөөдөн улам анын капиталдык жана операциялык чыгымдары аз экени далилденген. Төмөн класстагы комплекстүү рудалардан алтынды эффективдүү алуу металлдын түшүмдүүлүгүн, демек, рентабелдүүлүктү жогорулатат; экологиялык таза технологияларды колдонуу компанияларга экологияны бузуу жана айлана-чөйрөнү калыбына келтирүү менен байланышкан айыптардан жана чыгымдардан качууга жардам берет, ошондой эле компаниянын имиджин, коомдук лоялдуулукту жакшыртат.

Анын эффективдүүлүгү бактериянын сульфиддерди ыдыратып, андан ары экстракциялоо үчүн алтынды бөлүп чыгаруу жөндөмүндө; бул татаал минералогиялык составы бар төмөнкү сорттогу рудалар үчүн өзгөчө маанилүү.

Бактериялык эритүүнүн механизми сульфиддүү минералдардын бактериялык кычкылданышын камтыйт, мында бактериялар кычкылдануу учурунда бөлүнүп чыккан химиялык энергияны зат алмашуу үчүн колдонушат. Процесс үч негизги этаптан турат: инокуляция, кычкылдануу жана эритүү. Инокуляция стадиясы деп аталган биринчи этапта бактериялык агрегаттар майдаланган минералдар менен байланышат. Эгерде пирит ( $\text{FeS}_2$ ), сульфиддүү минерал болсо, бактериялар сульфиддүү минералдарды кычкылдандырып, натыйжада байланган алтынды бөлүп чыгарышат [1].

Эритмеде камтылган алтын кошулмалары эрүүчү формада сорбция, цементтөө жана башка ыкмалар менен алынышы мүмкүн.

Бүгүнкү күндө илимий изилдөөлөр микроорганизмдердин генетикалык модификациясы, процессти оптималдаштыруу жана кайра иштетүүнүн башка ыкмалары менен айкалыштыруу аркылуу биоэритүүнүн эффективдүүлүгүн жогорулатууга мүмкүнчүлүктөрдү берет. Бактериянын модификациялары, өзгөчө биопленкадагы модификациялар жана өзгөрүүлөр эритүүнүн ылдамдыгын жана натыйжалуулугун бир топ жакшыртат. Түштүк Африкадагы GenCor компаниясынын ийгилиги арсенопирит, пирит жана пиротин сыяктуу сульфиддүү минералдарды жууп алуунун башка салттуу ыкмаларына салыштырмалуу канчалык жөнөкөй, экологиялык жактан таза жана экономикалык жактан пайдалуу экенин ачык көрсөттү.

**1. Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus.** Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans – бул бактерия мезофиль хемолитотроф микроорганизмдин катарына кирет.

Бул бактериялар сульфиддүү минералдарды жана темирди ( $\text{Fe}^{2+}$ ) темир оксидине ( $\text{Fe}^{3+}$ ) кычкылдантуу жөндөмдүүлүгүнөн биогеометаллургияда кеңири колдонулат.

Acidithiobacillus ferrooxidans деп аталган бактерия темирди жана сульфидди кычкылдандырат, ал эми Acidithiobacillus thiooxidans, серобактерия катары күкүрт менен сульфидди күкүрт кислотасына кычкылдандырат.

Acidithiobacillus ferrooxidans ( $\text{Fe}^{2+}$ ) темирдин закисин ( $\text{Fe}^{3+}$ ) темирдин кычкылына кычкылдандырат, күкүрт кислотасын пайда кылып эрүү процессин тездетет. Тескерисинче, Acidithiobacillus thiooxidans күкүрттү жана и тиосульфатты сульфатка кычкылдандырып, рНтын денгээлин төмөн кармоо менен металлдын эффективдүү эришин камсыздайт [2].

Бул эки микроорганизм көбүнчө сульфиддик кошулмаларды эритүү үчүн оптималдуу шарттарды түзүү жана металлды эффективдүү алуу үчүн чогуу иштешет.

Метаболизм процесси учурунда Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans рНтын денгээлин төмөн кармоо менен эритүү процессине чон таасирин тийгизет. Бул симбиоздук метаболизм аларды өнөр жайда эң көп изилденген жана көп колдонулган ацидофилдүү микроорганизмдердин бири болот.

**2. Sulfolobus.** Өнөр жай биоалмашуу системалары, адатта, аэробдук микроорганизмдерди, атап айтканда Acidithiobacillus жана Leptospirillum сыяктуу колдонууга дуушар болгон минерал менен байланышкан автотрофтук бактерияларды колдонушат, алар орточо температурада жана кычкылдуулукта эффективдүү иштөөгө жөндөмдүү жана аларды өнөр жайда колдонууга ылайыктуу кылат.

Себеби, *Sulfolobus* сыяктуу термофилдүү микроорганизмдерди өндүрүш процесстеринде, мисалы, биоэритүүдө колдонуу шарттарын, анын ичинде жогорку температураны (көбүнчө 70-80°Сден жогору) жана кычкылдуулукту талап кылат.

Мындай шарттарды өнөр жайлык масштабда кармап туруу кыйын болушу мүмкүн жана ошондой эле *Sulfolobus* үчүн оптималдуу өсүү жана активдүүлүк шарттарын камсыз кылуу үчүн олуттуу энергия жана инженердик салымдарды талап кылышы мүмкүн [4].

Бирок кычкылдануу кинетикасын изилдөөдө температуранын 10 пайызга жогорулашы менен эритуу ылдамдыгы 2 эсеге өсө тургандыгы, ал эми эритүү убактысын кыскартуу экономикалык кызыкчылыкты пайда кыла тургандыгы аныкталган.

Мембраналардын агрессивдүү процесс шарттарына сезгичтигинен улам, аларды колдонуу чектелиши мүмкүн. Көбүнчө алтынды эмес, аралашмаларды бактериялык жууп салуу ылайыктуу (мисалы, мышьяк менен темирди камтыган алтынды камтыган карбонат сульфиддүү минералдардан алдын ала жууп салуу).

Бирок, *Sulfolobus* жана башка археалдык организмдер илимий изилдөөлөрдүн предмети бойдон калууда жана алардын өндүрүштүк процесстерде потенциалдуу колдонулушу келечекте, өзгөчө жаңы технологияларды жана биотехнологиялык методдорду иштеп чыгуу контекстинде изилдениши мүмкүн [6].

**3. *Leptospirillum*.** *Leptospirillum* – темирди кычкылдандырган хемолитотрофдук бактерия. Жакшы аныкталган түрлөрү болуп *Leptospirillum ferrooxidans* и *Leptospirillum ferriphilum* эсептелет. Орто термофилдик шарттарда пириттин ( $\text{FeS}_2$ ) жана арсенопириттин ( $\text{FeAsS}$ ) биоалыштыруу үчүн колдонулган бактериялар.

Мындан тышкары, бактериялар  $\text{Fe}^{3+}$  иондору түрүндөгү кычкылдандыруучу агентти калыбына келтирүүгө катышат, бул эритүү стадиясында үзгүлтүксүз кычкылданууну сактоо үчүн биринчи кезектеги мааниге ээ.

*Acidobacillus ferrooxidans* бактериясына салыштырмалуу бактериялар кычкыл чөйрөгө, 42-50°С температурага туруктуу болот. Жакшы далилденген бактериялар - *Leptospirillum ferrooxidans* менен *Leptospirillum ferriphilum* эсептелет, алар кычкыл кенде жана кендин калдыгында болот. Алар биогеохимиялык циклдердин, өзгөчө темир жана башка металлдардын кычкылдануу процесстеринин негизги катышуучусу болуп саналат жана тоо-кен процесстерине, экологиялык туруктуулукту жана биологиялык тазартууга таасирин тийгизет.

Морфологиялык жана физиологиялык арыкчылыктары менен шайкеш болгону менен бул эки бактериянын түрү бири-биринен кандайдыр бир даражада айырмаланышат, мисалы, ар түркүн металлдарды кычкылдандыруу жана *Leptospirillum ferriphilum* термофильдүү болуп эсептелет [5].

*Leptospirillum ferrooxidans* темирди гана эмес, күмүштү да кычкылдандырат жана жалпысынан аны биологиялык руданы байытуу процесстеринде потенциалдуу колдонуу үчүн пайдалуу деп эсептелгендиктен, салттуу түрдө бир кыйла универсалдуу металл кычкылдандыргыч болуп эсептелет. Бул, өз кезегинде, бул бактериялардын геохимиялык процесстердеги ролун түшүнүү жана илим менен өнөр жайдын ар кандай тармактарында алардын потенциалын пайдалануу ыкмаларын иштеп чыгуу үчүн бул эки түрдүн ортосундагы айырмачылыктарды түшүнүүнү талап кылат.

Учурда Кыргызстанда алты алтын кен жатак жери бар: Кумтөр, Макмал, Бозымчак, Солтон-Сары, Жерүй жана Алтын-Кен. Алардын бардыгына цианидди утилдештирүү технологияларын киргизүү маселеси турат, алар эффективдүү гана эмес, экологиялык жактан да таза. Бирок, өндүрүштүк практикада азыркы учурда өлкөдө нейтралдаштыруунун жалан гана химиялык методдору — биринчи кезекте жөнөкөй жана татаал бирикмелерди щелочтуу хлорлоо колдонулат.

Кээ бир заводдордо саркынды сууларды тазалоо иш жүзүндө жок, бул калдык сактоочу жайларда цианиддин жана металлдардын чиритүү кыйын татаал формаларынын топтолушуна алып келет. Бул алтын өндүрүүгө багытталган өлкө үчүн олуттуу социалдык, экологиялык жана экономикалык көйгөйдү жаратат.

Цианиддер менен байланышкан негизги тобокелдиктерди болжол менен эки топко бөлүүгө болот. Биринчиси, флора жана фаунага экологиялык коркунуч. Экинчиси, өндүрүш чөйрөсүндө иштегендер үчүн да, таштандыларды сактоочу жайлардын жанында жашагандар үчүн да адамдын ден соолугуна терс таасири. Бүгүнкү күндө саркынды сууларды цианиддерден тазалоонун бир катар ыкмалары бар: хлор жана анын кошулмаларын колдонуу, абанын катышуусунда күкүрт кычкыл газы менен тазалоо (ИНКО процесси), суутектин перекиси, озондоштуруу жана биологиялык ыкмалар.

Технологияны спецификалык тандоо биринчи кезекте экономикалык максатка ылайыктуулугуна, ошондой эле эритмедеги цианиддин формасына, анын концентрациясына жана агып чыгуу көлөмүнө жараша болот.

**Эксперименталдык иш.** Цианидди деградациялоочу эң активдүү штаммдардын салыштырма сыноолору “Макмалалтын” алтын өндүрүү комбинатынын саркынды сууларына жүргүзүлгөн. Эркин сүзүүчү жана кыймылсыз микробдор салыштырылган. Маалыматтар 1-таблицада келтирилген. Көрүнүп тургандай, культуралардын цианидди деградациялоо активдүүлүгү иммобилизациядан кийин бир аз жогорулаган.

Эң активдүү цианидди жок кылуучулар *P. fluorescens* В 5040, *Micrococcus* sp. CS-2 и *Bacillus* sp. Штамм CR-2 *Pseudomonas* эсептелет. А 02 роданидди эффективдүү бузат.

Демек, аталган культураларды цианиддерден жана тиоцианаттардан агынды сууларды тазалоо үчүн бир бирикмеде колдонсо болот.

“Макмалалтын” комбинатынын моделдик эритмелериндеги жана саркынды сууларындагы цианиддерди микробдук жок кылуу процессинин оптималдуу шарттары эркин калкып жүрүүчү жана туруктуу микроорганизмдери бар лабораториялык түзүлүштөрдү колдонуу менен, агып өтүүчү жана өтпөс режимде, стационардык жана асма жүктөө менен иштелип чыккан.

1-таблица. Цианид жана тиоцианатты кыйратуучу активдүүлүк боюнча штамм-деструкторлордун салыштырма мүнөздөмөлөрү

ШТАММ	CN <sup>-1</sup> Баштапкы жана акыркы мг/л	Деструкция ылдамдыгы CN <sup>-1</sup> , мг/л	Тазалоонун эффективдуулугу CN <sup>-1</sup> , %	CNS <sup>-</sup> Баштапкы жана акыркы	Деструкция ылдамдыгы	CNS <sup>-1</sup> , % Тазалоонун эффективдуулугу
Аэрациясы бар эркин сүзүүчү клеткалар						
<i>P. fluorescens</i> В5040	19,3 10,4	- 8,9	- 46,84	26,76 18,51	- 8,25	- 30,83
<i>Pseudomonas</i> sp А-02	15,5 11,8	- 3,7	- 31,36	31,78 28,05	- 3,73	- 11,74
<i>Micrococcus</i> sp. CS-2	21,8 12,2	- 9,6	- 44,04	31,38 29,38	- 2,39	- 7,52
<i>Bacillus</i> CR-2	16,0 10,1	- 5,9	- 36,88	34,0 25,42	- 8,58	- 25,24

	Аэрация менен кыймылсыз клеткалар					
P.fluorescens B5040	21,89 10,9	- 10,93	- 50,07	32,61 25,87	- 6,74	- 20,67
Pseudomonas.s.p A-02	19,5 11,4	- 8,1	- 41,54	32,61 16,95	- 15,66	- 48,02
Micrococcus sp.CS-2	21,75 11,3	- 10,45	- 48,05	32,89 25,42	- 7,47	- 22,71
Bacillus CR-2	24,67 10,92	- 13,75	- 55,74	32,61 25,42	- 7,19	- 22,05

Ар кандай факторлордун таасири (электр талаасынын импульстарынын узактыгы, агымдын ылдамдыгы, аралаштыруу ыкмасы жана аэрациянын интенсивдүүлүгү) аныкталган. Жаңы микробиологиялык ыкма менен тазаланган цианиддүү агынды суулардын токсикологиялык мүнөздөмөлөрү аныкталды. Сунушталган ыкманы колдонуу менен саркынды сууларды тазалоодон кийин анын токсикологиялык көрсөткүчтөрү бир топ жакшырганы көрсөтүлдү.

Майда гемаррогиялык өзгөрүүлөр, балким, оор металлдардын, өзгөчө мышьяктын, цинктин жана башкалардын калдыктары менен шартталган.

ВИЦМДЛде жумушчу көлөмү 10дм<sup>3</sup> болгон комплекстүү масштабдуу лабораториялык блок иштелип чыккан, даярдалган жана лабораториялык шарттарда сыналган. Бул блок микроорганизмдердин иммобилизацияланган культураларын колдонуу менен саркынды суулардагы цианиддерди деградациялоонун жаңы ыкмасын ишке ашырууга мүмкүндүк берет.

**Корутунду.** Цианидди деградациялоочу эң активдүү штаммдардын салыштырма сыноолору “Макмалалтын” алтын өндүрүү комбинатынын саркынды сууларына жүргүзүлгөн. Эркин сүзүүчү жана кыймылсыз микробдор салыштырылган.

Ар кандай факторлордун таасири (электр талаасынын импульстарынын узактыгы, агымдын ылдамдыгы, аралаштыруу ыкмасы жана аэрациянын интенсивдүүлүгү) аныкталган. Жаңы микробиологиялык ыкма менен тазаланган цианиддүү агынды суулардын токсикологиялык мүнөздөмөлөрү аныкталды. Сунушталган ыкманы колдонуу менен саркынды сууларды тазалоодон кийин анын токсикологиялык көрсөткүчтөрү бир топ жакшырганы көрсөтүлдү.

Изилдөө жана тестирлөө аркылуу алтынды бөлүп чыгаруучу заводдун саркынды сууларындагы цианиддерди микробиологиялык жактан жок кылуунун экологиялык коопсуз ыкмасы иштелип чыккан жана аны ишке ашыруу үчүн түзүлүш сунушталган. Цианидди бузуучу активдүүлүгү бар табигый микробдук штаммдардын коллекциясы түзүлдү.

Эң активдүү штаммдар иштелип чыккан технологияда цианидди жок кылуучу катары колдонулушу мүмкүн. «Макмалалтын» заводунда жүргүзүлгөн сыноолордун жүрүшүндө цианиддерден саркынды сууларды тазалоонун сунушталган ыкмасы уулуу цианиддердин концентрациясын максималдуу жол берилген концентрацияга жакын мааниге чейин төмөндөтүүгө мүмкүндүк берери көрсөтүлгөн.

## Адабияттар тизмеси

1. Жумаев, О.А. Курамында алтын бар сульфиддик рудаларды бактериялык жууп алуу процессин интеллектуалдык башкаруу ыкмасы [Текст] О.А.Жумаев, Г.Б.Махмудов, М.Т.Исmoilов, В.Б.Пулатов. Навои: Навои атындагы мамлекеттик тоо-технологиялык университети, 2025-ж.
2. Крылова, Н.И. Сульфид рудаларынан жана концентраттардан түстүү металлдарды жууп алууну интенсификациялоо үчүн биореагенттин курамы жана касиеттери [Текст] / Н.И.Крылова, В.А.Игнаткина. – Москва: Улуттук илимий технология университети, МИСиС, 2016-ж.
3. Бабенков, Е.Д. Сууну коагулянттар менен тазалоо [Текст] / Е.Д.Бабенков. - Москва: Наука, 1977. - 77-86 б..
4. Куликова, О.В. Саркынды сууларды тазалоо биотехнологиясын иштеп чыгууда бактериялык штаммдардын оор металлдарга толеранттуулугу жөнүндө [Текст] / О.В.Куликова / КазНТУнун жарчысы. – 1999-ж.
5. Розвача Р.И., Клещ А.Н., Давыдов Г.И., Куликова О.В. Казакстандын патенти 970548. Агын сууларды тазалоо үчүн колдонулган *Thiobacillus ferrooxidans* бактериялык штаммынын биомассасы жана аны өстүрүү ыкмалары/жарыяланган. 12.06.2007ж.
7. Илимий баяндама: «Бактериялык штаммдардын жаңы түрлөрүн колдонуу менен алтынды бактериалдык жууп алуу технологиясын иштеп чыгуу» [Текст] Алматы, ДТПГНПОП «Казмеханобр», 2004ж.
8. Котляр, Ю.А. «Асыл металлдардын металлургиясы» [Текст] / Ю.А.Котляр, М.А.Меретуков, Л.С. Стрижко. –М.: МИСиС басмасы "Руда жана металлдар" 2005-ж. - 431 бет.
9. Романтеев, Ю.П. «Асыл металлдардын металлургиясы» [Текст] / Ю.П. Романтеев. - М.: «Учеба» басмасы, 2007. -258 б..

УДК 621.396.96+004.89

**Н.Ш. Акунжанова**

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

**N.Sh. Akunzhanova**

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
akunjanovanuska@gmail.com

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В УПРАВЛЕНИИ СПЕКТРОМ ДЛЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЖАҢЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ҮЧҮН СПЕКТРДИ БАШКАРУУДАГЫ НЕГИЗГИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР

### KEY TRENDS IN SPECTRUM MANAGEMENT FOR NEW TECHNOLOGIES IN THE KYRGYZ REPUBLIC

*Тездетилген санариптик трансформациянын шартында радио жыштык спектрин натыйжалуу башкаруу зарыл, бул зымсыз технологияларды ишке ашырууда стратегиялык мааниге айланууда. Радиоужыштык спектри чектелген табигый ресурс болуп эсептелет, ушуга байланыштуу мобилдик кең тилкелүү байланышты, бешинчи муундагы технологияны, спутниктик жана гибридик байланыш тармактарын киргизүү темпи рационалдуу бөлүштүрүүгө жана пайдаланууга түздөн-түз көз каранды. Бул макалада Кыргыз Республикасында жаңы технологияларды киргизүүнүн алкагында спектрди башкаруунун заманбап тенденцияларын карайбыз. Спектрди жөнгө салууга карата эл аралык мамилелерге талдоо жүргүзүү менен жөнгө салуучунун ийкемдүү механизмдеринин ролу, жыштык диапазондорун шайкеш келтирүү маселелери жана заманбап санариптик технологияларды колдонууда спектрдин перспективалары. Улуттук спектрди башкаруу саясатын зымсыз байланыш кызматтарына жана технологиядагы глобалдык өзгөрүүлөргө суроо-талаптын өсүшүнө ылайыкташтыруу зарылдыгына өзгөчө көңүл бурулду.*

**Түйүндүү сөздөр:** *радиоужыштык спектрин башкаруу, мобилдик кең тилкелүү байланыш, 5G, телекоммуникациялар, жөнгө салуучу орган.*

*В условиях ускоренной цифровой трансформации необходимо эффективное управление радиочастотным спектром, что становится стратегическим значением во внедрении беспроводных технологий. Радиочастотный спектр считается ограниченным природным ресурсом, в связи с этим от рационального распределения и использования напрямую зависит темп внедрения мобильной широкополосной связи, технологии пятого поколения, спутниковых и гибридных сетей связи. В данной статье рассматриваем современные тенденции управления спектром в рамках внедрения новых технологий в Кыргызской Республике. Проведя анализ международных подходов к регулированию спектра, роль гибких механизмов регулятора, вопросы гармонизации частотных диапазонов и перспективы спектра в использовании в современных цифровых технологиях. Особое внимание выделено необходимости адаптации национальной политики управления спектром к растущему спросу на беспроводные услуги связи и глобальным изменениям в технологиях.*

**Ключевые слова:** управление радиочастотным спектром, мобильная широкополосная связь, 5G [8], телекоммуникации; регулирующий орган.

*In the context of accelerated digital transformation, effective management of the radio frequency spectrum is necessary, which is becoming of strategic importance in the introduction of wireless technologies. The radio frequency spectrum is considered a limited natural resource, and therefore the pace of implementation of mobile broadband, fifth-generation technology, satellite and hybrid communication networks directly depends on rational distribution and use. In this article, we consider current trends in spectrum management as part of the introduction of new technologies in the Kyrgyz Republic. Having analyzed international approaches to spectrum regulation, the role of flexible regulatory mechanisms, issues of harmonization of frequency bands and the prospects of spectrum use in modern digital technologies. Special attention is paid to the need to adapt the national spectrum management policy to the growing demand for wireless communication services and global changes in technology.*

**Key words:** radio frequency spectrum management; mobile broadband; 5G; telecommunications; regulatory authority.

В последние годы развитие цифровых технологий заметно всё сильнее и сильнее. Так же увеличение роста объёма передаваемых данных, что влияет на изменение требований к телекоммуникационным сетям. Главным инструментом к информационным ресурсам, дистанционного образования, цифровой экономике стали беспроводные технологии. В такое время радиочастотный спектр стал ключевым элементом, обеспечивающий функционирование сетей связи [1].

Для Кыргызской Республики вопросы управления спектром становятся более актуальными, так как есть необходимость расширения покрытия сетей связи, повышения пропускной способности и конечно же внедрение новых технологий такие как сеть пятого поколения 5G, интернета вещей IoT, спутниковые и гибридные решения. Для хорошего роста и развития необходимо от регулирующих органов взвешенной и гибкой политики, направленной на эффективное использование частот, предотвращение вредных помех.

Целью данной статьи является анализ основных тенденций и управление радиочастотным спектром для новых технологий, а также определение приоритетных направлений развития национальной системы регулирования спектра в Кыргызской Республики учитывая опыт других стран.

## **1. Теоретические и нормативно-правовые основы управления радиочастотным спектром**

В управление радиочастотным спектром нужно учесть организационные, правовые и технические моменты. Основное внимание уделяется планированию, распределению и контролю использования радиочастот. Проанализировав научные исследования можно заметить, что в них подчеркивается необходимость эффективно управлять спектром что напрямую влияет на развитие всего телекоммуникационного рынка и уровень цифровизации экономики [2, 3].

Ключевую роль в формировании системы распределения спектра играет Международный союз электросвязи (МСЭ). Союз разрабатывает Регламент, которым необходимо следовать, так же отвечает за координацию решения Всемирных конференций радиосвязи. Данные решения служат основой для национальных планов распределения частот и способствует снижению стоимости оборудования и обеспечивая совместимости сетей.

Основные принципы современного подхода в управлении спектра является рациональное и эффективное использование ресурсов. Модели включают в себя экономическое регулирование, основанное на спросе и предложении частотных ресурсов. Экономический подход способствует развитию вторичного рынка, лицензии на частоты можно перепродавать или арендовать, тем самым повышая их ценность.

Анализ научных публикаций показывает рост гибких регуляторных моделей, такие как совместное использование спектра, динамическое лицензирование. Данные подходы дают более эффективно использовать ограниченные ресурсы спектра и стимулирует внедрение инновационных технологий [3].

Таким образом, основы управления спектром представляют собой комплексный подход технических, экономических и юридических направлений, что позволяет эффективное и инновационное использование ограниченного ресурса радиочастот.

## **2. Рост спроса на спектр и влияние новых технологий.**

Стремительный рост мобильного трафика данных, развитие облачных сервисов и увеличивающееся число подключённых устройств приводит к стабильному увеличению спроса на радиочастотный спектр. Мобильная связь использует традиционные диапазоны, которые уже сейчас испытывают существенную нагрузку. Данная ситуация требует поиск новых частотных ресурсов и повышение эффективности существующих сетей [4].

Технологии пятого поколения выделяются своими высокими требованиями к пропускной способности и надёжности соединения. Это позволяет использовать широкий спектр частот, начиная от низкочастотных диапазонов до высокочастотных волн. Низкочастотные обеспечивают широкое покрытие, а высокочастотные предназначены для передачи данных на высоких скоростях. Внедрение данных технологий не осуществим без пересмотра подхода к планированию и распределению спектра [5].

Дополнительно, рост спроса на спектр создаёт необходимость внедрения гибких моделей управления, такие как динамическое разделение частот и совместное использование спектра. Есть технологии, позволяющие сетям автоматически обнаружить свободные частоты и использовать их без помех для остальных пользователей. Данные технологии значительно повышают эффективность использования спектром.

Растущий спрос на спектр также развивает вторичный рынок частот, когда лицензии на радиочастоты могут перепродаваться или арендоваться. Такие подходы хорошо применяются в странах с развитой телекоммуникационного рынка, таких как США и Южной Кореи. Это делается внедрением аукционов и механизмов обмена спектром между операторами. Данным вопросом занимается регулирующий орган.

Новые технологии требуют пересмотра стратегии планировании спектра, так как, к примеру для использования 5G критически важно низкочастотное покрытие для широких технологий в своё время с высокочастотной передачи данных в городских центрах. Данные факты говорят, что необходима единая сетевая архитектура.

Таким образом, рост спроса на спектр требует инновационного, многоуровневого подхода к управлению радиочастотными ресурсами.

## **3. Гибкость регулирования и совместимое использование спектра.**

Ключевая тенденция в управлении спектра является переход к более гибким механизмам, нежели использование жёстких регуляторных моделей. Для повышения общей эффективности использования доступного ресурса практикуют совместное использование спектра, которое доступ нескольким пользователям или службам работать в одном диапазоне при соблюдении определённых технических условий [6].

Среди наиболее перспективных гибких моделей можно выделить следующие модели:

- **Динамическое лицензирование** – оператор предоставляет частоты на определённый период с возможной корректировкой диапазонов. Регулирование будет происходить в зависимости от текущей нагрузки и потребности сети.
- **Вторичный рынок частот** – пользователи получают возможность перепродавать или арендовать лицензии спектра. Данный подход развивает экономически рационально использование спектра и привлечение новых участников рынка.

- **Использование нелицензируемых диапазонов** – в регионах с низкой плотностью населения, соответствующих низким нагрузкам можно использовать открытые диапазоны. Активно применяют для IoT-устройств и малых сетевых решений.

Для Кыргызской Республики данные подходы отлично подойдут для использования спектра в сельских и труднодоступных регионах. Данные технологии увеличат количество новых участников и позволят рационально использовать доступные ресурсы. Важным пунктом при развитии новых технологий является система мониторинга и контроля, предотвращающие вредные помехи.

Применение новых технологий и внедрении гибких подходов использования спектра в Кыргызстане позволит создавать более конкурентную среду, привлекать иностранных инвесторов в телекоммуникационную отрасль, тем самым повысит качество цифровых услуг населения.

Таким образом, переход к гибким моделям управления спектром даёт широкие возможности для технологического и экономического развития страны. Обеспечит баланс между эффективным использованием спектра и внедрением новых технологий.

#### **4. Роль мониторинга и оценки эффективности использования спектра.**

Современное управление практически невозможно представить без систематического мониторинга. Глубокий анализ загруженности разных частотных диапазонов даёт возможность определить неэффективно используемые ресурсы. Благодаря полученным данным мониторинга можно принять решения для перераспределения спектра и способствует внедрение более эффективных технологий [6].

Мониторинг спектра включает в себя несколько важных пунктов которые необходимо подробно описать, таких как:

- **Техническое наблюдение** за использованием частот, измерения уровня сигнала обнаружения помех и анализ распределения спектра между пользователями.
- **Автоматические системы анализа** - дают возможность отслеживать нагрузку диапазонов и выявлять потенциальные конфликты между сетями.
- **Регулярные аудиты и отчёты**, для эффективной и прозрачной работы, для любой организации необходим независимый аудит, позволяющий выявить проблемы и ошибки.

Одной из сложных задач является оценка эффективности использования спектра, так как различные службы и технологии дают разный эффект. Однако опираясь на международный опыт, можно утверждать, что поэтапный отказ от устаревших технологий и переход к современным стандартам связи неизбежно позволит увеличить спектральную эффективность. Среди таких подходов можно выделить:

- Перераспределение частот от менее эффективных пользователей к более активным сетям
- Внедрение интеллектуальных сетевых технологий, что позволит адаптировать использование частот к текущей нагрузке.
- Применение показателей эффективности, которые учитывают спектральную плотность, экономический эффект и социальную значимость услуг.

Таким образом, мониторинг и оценка эффективности использования спектра являются важными частями современной политики управления радиочастотами.

#### **5. Гармонизация и международное сотрудничество**

Одним из важных факторов развития телекоммуникационных сетей является гармонизация распределения радиочастот на региональном уровне. При правильном

решении это способствует снижению стоимости оборудования и упрощает международный роуминг, тем самым ускоряя и облегчая внедрение новых технологий.

Основными механизмами гармонизации являются:

- Привязка национальных планов распределения частот к Регламенту радиосвязи МЭС, что является главным стандартом на международном уровне.
- Обмен опытом и участие в международных конференциях, получение новых знаний, в перераспределении спектра и внедрение новых технологий. Одним из таких конференций является Всемирная конференция радиосвязи (WRC).

Для Кыргызской Республики важно активное участие в международных и региональных процессах координации спектра, которое позволяет следить за глобальными тенденциями и адаптировать на национальный рынок. Так же необходимо следить за решениями, принятыми на уровне МСЭ и других международных организаций, чтобы внедрять их на национальном уровне.

Международное сотрудничество также открывает доступ к:

- Технологические стандарты и рекомендации. Следуя рекомендациям, можно улучшить национальное регулирование спектром с Кыргызстана.
- Совместные проекты по исследованию и мониторингу спектра, улучшит уровень компетенции местных специалистов. Способствует развитию управления спектром.

Таким образом, гармонизация и международное сотрудничество становится одной из важной частью стратегии управления спектром. Для Кыргызстана это открывает возможности для интеграции в глобальные телекоммуникационные экосистемы. Так же это повысит эффективность использования радиочастот.

#### **6. Перспективы развития управления спектром в Кыргызской Республике.**

В предстоящее время для системы управления спектром в Кыргызской республике предстоят несколько вызовов. В связи с развитием цифровизации и активным использованием мобильного телефона увеличивается спрос на беспроводные услуги. В связи с конкуренцией и перенимаем опыта международных компаний предстоит внедрение 5G. В этих условиях необходимо особое внимание уделить на долгосрочное планирование спектра с соответствующими расчётами [7]. Ключевыми направлениями развития управления спектром можно отметить следующие направления:

- Разработка дорожных карт распределения спектра. Для повышения эффективности регулирования можно внедрить механизмов вторичного обращения частот. Для создания благоприятной регуляторной среды стоит провести консультации с участниками рынка и учитывать инвестиционные возможности операторов связи.
- Внедрение гибких механизмов распределения частот. Гибкими механизмами можно назвать динамическое лицензирование, совместное использование спектра и вторичный рынок частот. Данные механизмы позволяют рационально использовать ограниченные ресурсы.
- Проведение общих консультаций и собраний крупных участников рынка. При принятии решений о распределении спектра, необходимо учесть мнение крупных игроков, так как у них есть наиболее квалифицированные специалисты, которые могут предложить хорошие варианты решения той или иной проблемы при распределении спектра.
- Развитие систем мониторинга и анализа спектра. Без хорошего анализа и точных метрик невозможно развивать новые технологии. Необходимо точно значить текущие показатели загрузки диапазонов сети и ставить амбициозные и в то же время реальные цели. Так же необходимо видеть метрики ошибок и

предотвращать конфликты до появления проблем. Для решения всех этих проблем нужна хорошая система мониторинга.

- Создание благоприятной среды для инвестиций. Необходимо создать прозрачную и конкурентную среду между участниками рынка, что позволит им внедрять новые технологии и привлекать инвестиции для развития.
- Гармонизация национальной политики к международным стандартам. Неизбежно мы должны следовать международным практикам, что позволит обеспечить совместимость оборудования и облегчит международный роуминг.

Дополнительно важно отметить, что внедрение новых технологий тесно связано с развитием управления спектром. Такие технологии как IoT, частные сети 5G, облачные платформы и спутниковая связь.

Таким образом, дальнейшее развитие системы управления спектром в Кыргызстане будет строиться на принципах эффективности, прозрачности и технологической гибкости.

#### **Заключение.**

Управление радиочастотным спектром является одним из ключевых факторов развития цифровой экономики и внедрение новых телекоммуникационных технологий. Гибкая политика регулирования позволяет в условиях ограниченности спектральных ресурсов обеспечить баланс между интересами государства, операторов и конечных пользователей.

Необходимо уделить особое внимание к мониторингу и анализу спектра. Без точных метрик и системы прогнозируемых ошибок невозможно развивать управление спектром и внедрение новых технологий.

Приоритетным направлением развития системы управления спектром для Кыргызской Республики в ближайшие годы будет адаптация национальных регуляторных подходов к международным тенденциям, внедрение гибких механизмов распределения в ограниченных условиях и вторичного использования частот, а также увеличение прозрачности и предсказуемости регуляторных решений. Принятие и реализация вышеперечисленных мер позволит создать условия для устойчивого развития телекоммуникационного сектора и расширение доступа региональным пользователям к современным услугам.

#### **Список литературы**

1. Регламент радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ). – Женева: ITU, действующая редакция.
2. ITU-R Spectrum management principles. Recommendation ITU-R SM.2012 – Женева: ITU, 2018
3. Cave M., Doyle C., Webb W. Essentials of Modern Spectrum Management. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
4. GSMA. Spectrum for 5G: Global Policy and Regulatory Trends. – London: GSMA, 2020.
5. Forge S., Vu K. Forming a 5G strategy: A global perspective. – Telecommunications Policy, 2020
6. Marcus J. S. Radio spectrum policy: Regulatory reform and innovation. – Communications and Strategies, 2019
7. Цифровой кодекс Кыргызской Республики: принят 31 июля 2025 г. №178
8. Акбарова А.Н. Оценка угроз безопасности сетей поколения 5G в реальных сетях [Текст] / А.Н. Акбарова, И.Б. Ахунжанов // Известия КГТУ. - Бишкек:2023.-№1(65). С.608-616.

**А.Т. Кызалаков, А.Ж. Ашымова**

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

**A.T. Kyzalakov, A.Z. Ashymova**

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
ornstein2111@gmail.com, aizadaashymova@gmail.com

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ GITLAB ПРИ ПОМОЩИ ХРАНИЛИЩА СЕКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ HASHICORP VAULT**

### **GITLAB ПЛАТФОРМАСЫНДАГЫ КУПУЯ МААЛЫМАТТАРДЫН КООПСУЗДУГУН HASHICORP VAULT ЖАШЫРЫН МААЛЫМАТ САКТАГЫЧЫ АРКЫЛУУ КАМСЫЗ КЫЛУУ**

#### **PROTECTING GITLAB CONFIDENTIAL DATA WITH HASHICORP VAULT SECURITY DEPOSITORY**

*Изилдөөнүн максаты — GitLab программалык камсыздоону иштеп чыгуу чөйрөсүндө конфиденциалдуу маалыматтарды сактоо маселесин изилдөө жана системага уруксатсыз кирүү шартында бул маалыматтардын агып кетүү көйгөйүн чечүү болуп саналат. Макалада предметтик чөйрөгө жүргүзүлгөн талдоонун жыйынтыктары берилген жана жашыруун маалыматтарды сактоо системасы — HashiCorp Vault аркылуу маселени чечүү сунушталган. GitLab корголуучу объектисинин алсыз жактары каралып, маалымат коопсуздугун камсыз кылуу боюнча тандалган чечим негизделген. Изилденүүчү объекттин архитектурасы жана процесстеринин иштеши жөнүндө маалымат берилген. GitLab системасы үчүн Бузуучу (Нарушитель) жана Коркунуч (Угрозалар) моделдери иштелип чыккан. Ошондой эле макалада жыйынтык коргонуу системасынын түзүлүшү жана иштөө принциби баяндалган.*

**Түйүндүү сөздөр:** CI/CD, программалык камсыздоону иштеп чыгуу, маалыматтык коопсуздук, жашыруун маалыматтарды сактоо, Gitlab, PaciCorp Vault.

*Целью исследований является изучение хранения конфиденциальных данных среды разработки Программного Обеспечения Gitlab и решение проблемы утечки этих данных при несанкционированном доступе в систему. В статье представлены результаты анализа предметной области и предоставление решения проблемы с помощью системы хранения секретной информации PaciCorp Vault. Рассмотрены уязвимости защищаемого объекта Gitlab и обоснование выбора решения по обеспечению безопасности данных. Предоставлена информация об архитектуре объекта исследования и работе процессов. Были разработаны модели Нарушителя и Угроз для системы Gitlab. В статье также приведено описание итоговой системы защиты.*

**Ключевые слова:** CI/CD, разработка программного обеспечения, информационная безопасность [8], хранение конфиденциальных данных, Gitlab, PaciCorp Vault.

*The purpose of the research is to study the storage of confidential data of the Gitlab Software development environment and solve the problem of leakage of this data due to unauthorized access to the system. The article presents the results of an analysis of the subject area and provides a solution to the problem using the PaciCorp Vault secret information storage system. The vulnerabilities of the protected Gitlab object and the rationale for choosing a data security solution are considered. Information is provided on the architecture of the research object and the operation of processes. Intruder and Threat models were developed for the Gitlab system. The article also provides a description of the resulting protection system.*

**Key words:** CI/CD, software development, information security, confidential data storage, Gitlab, Hashicorp Vault.

Сейчас повсеместно в передовых компаниях, занимающихся разработкой различного программного обеспечения, сервисов и приложений, применяется непрерывная интеграция методикой CI/CD (Continuous Integration - Непрерывная интеграция / Continuous Delivery - Непрерывная поставка). Эта практика позволяет обеспечить автоматизированную сборку, отправку приложения в место развертывания, а также тестирование обновлений без прерываний в работе приложения/сервиса.

Данная методология помогает разработчикам в автоматизации и сборки приложений, что привело к повсеместному распространению данной практики. Существуют различные CI/CD инструменты, например: AWS CodeBuild, Azure DevOps, Atlassian Bamboo, Gitlab CI/CD и другие.

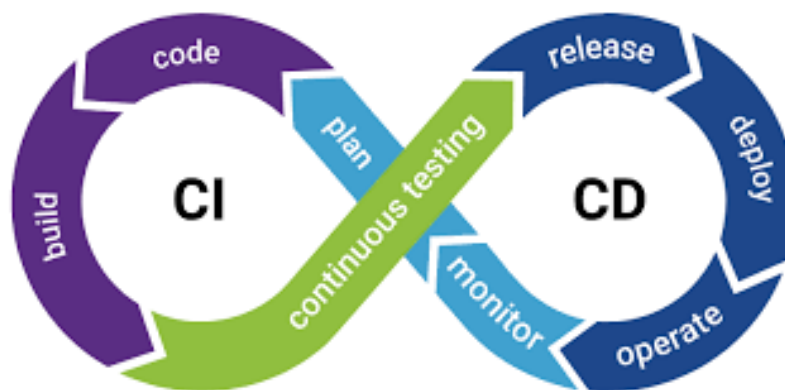


Рисунок 1 - Схема работы механизма CI/CD

Одним из самых известных и удобных является инструментарий от Gitlab и его CI/CD механизм. Gitlab обладает как облачным, так и on-premise (локально на сервере) видом развертывания.

Однако, несмотря на все преимущества данного решения, в механизме CI/CD существуют уязвимости, которые могут привести к утечке конфиденциальной информации и компрометации сервисов, развертываемых через Gitlab. При разработке конфиденциальная информация, такая как логины, пароли, секретные ключи содержатся либо в конфигурациях проектов, либо в переменных CI/CD, что ведет к угрозе утечки.

Актуальность данной работы обуславливается тем, что в системе Gitlab с довольно частой периодичностью появляются новые уязвимости, эксплуатация которых несет за собой угрозу утечки конфиденциальной информации. Согласно базе уязвимостей CVE, Gitlab имеет большое количество уязвимостей, позволяющих злоумышленнику провести атаку. Также выбор данного решения обеспечения ИБ конфиденциальных данных, передающихся в Сервис, обусловлен тем, что on-premise решение Gitlab разворачивается с доступом во внешнюю сеть интернет.

CVE<sup>[1]</sup> — открытая база данных уязвимостей информационной безопасности. Каждой уязвимости присваивается свой ID и ряд ссылок с подробным описанием уязвимости и возможными советами по устранению. Поддержкой CVE занимается организация MITRE.

#### **Цель исследования.**

Целью настоящей работы является исследование методов обеспечения информационной безопасности системы конвейера непрерывной разработки Gitlab CI/CD с помощью хранилища секретов Hashicorp Vault.

#### **Материал и методы исследования.**

Согласно исследованиям объединений в сфере Информационной безопасности, таких как Pulse Security<sup>[2]</sup> и NccGroup<sup>[3]</sup>, существует большое количество проработанных тактик атак на CI/CD технологию в целом и на структуру Gitlab в частности.

За 2023 год появилось 181 новая уязвимость Gitlab, из которых 94 с рейтингом опасности 7 и выше:

### Vulnerabilities by impact types

Year	Code Execution	Bypass	Privilege Escalation	Denial of Service	Information Leak
2014	1	1	1	0	0
2016	0	0	0	0	1
2017	1	0	0	0	1
2018	6	2	2	1	11
2019	0	14	14	4	29
2020	2	8	10	18	29
2021	2	3	3	19	10
2022	3	5	4	14	7
2023	2	26	28	25	18
2024	0	6	6	2	1
Total	17	65	68	83	107

Рисунок 2 - Уязвимости Gitlab<sup>[4]</sup>

Мы можем сделать вывод о том, что Gitlab сам по себе не безопасен для содержания в нем конфиденциальных данных. В связи с чем присутствует необходимость в развертывании отдельной системы хранения секретных данных. Были проанализированы такие системы как:

**AWS Secrets Manager:** помогает управлять, извлекать и менять учетные данные базы данных, ключи API и другие секреты на протяжении всего их жизненного цикла. Используется в связке с Программным Обеспечением от Amazon. Имеет подходящий функционал, однако является облачным решением и распространяется по средством платной подписки.

**Azure Key Vault:** Облачное решение от Microsoft. Используется только при интеграции с облачным хранилищем Azure. Не подходит по функционалу, является платным и облачным решением.

**CyberArk Conjur:** также, как и Hashicorp Vault может использоваться для обеспечения безопасности CI/CD конвейеров. Подходит по функционалу, может разворачиваться локально, имеет бесплатную версию. Однако не имеет нативной поддержки Gitlab, что может стать проблемой при интеграции.

**Hashicorp Vault:** подходит по функционалу, может разворачиваться локально, имеет бесплатную версию и интеграцию с системой Gitlab.

Таблица 1 – Анализ решений для хранения конфиденциальных данных

Наименование	Функционал	Нативная интеграция с защищаемым объектом (Gitlab)	Локально/ В облаке	Стоимость
<b>AWS Secrets Manager</b>	+	-	Облачное решение	Платная подписка
<b>Azure Key Vault</b>	-	-	Облачное решение	Платная подписка
<b>CyberArk Conjur</b>	+	-	Локально	Бесплатный OpenSource (с улучшением до

				платной Enterprise версии)
<b>Hashicorp Vault</b>	+	+	Локально	Бесплатный OpenSource (с улучшением до платной Enterprise версии)

В связи с этим, было решено использовать систему хранения секретной информации Hashicorp Vault. Ключевыми факторами в выборе решения от данного вендора были:

1. Полностью подходит для поставленной задачи
2. Бесплатное решение (платным является Enterprise решение с расширенным функционалом и тех. поддержкой)
3. Hashicorp Vault выбран Gitlab как первый официально поддерживаемое решение

Конвейеры CI/CD должны обеспечивать безопасный доступ к секретам и другим конфиденциальным значениям, а также выполнять аутентификацию во внешних службах и развертывать приложения, инфраструктуру или другие автоматизированные процессы. HashiCorp Vault — это центральная система для хранения данных и доступа к ним, которая позволяет конвейерам CI/CD программной отправлять и извлекать секреты.

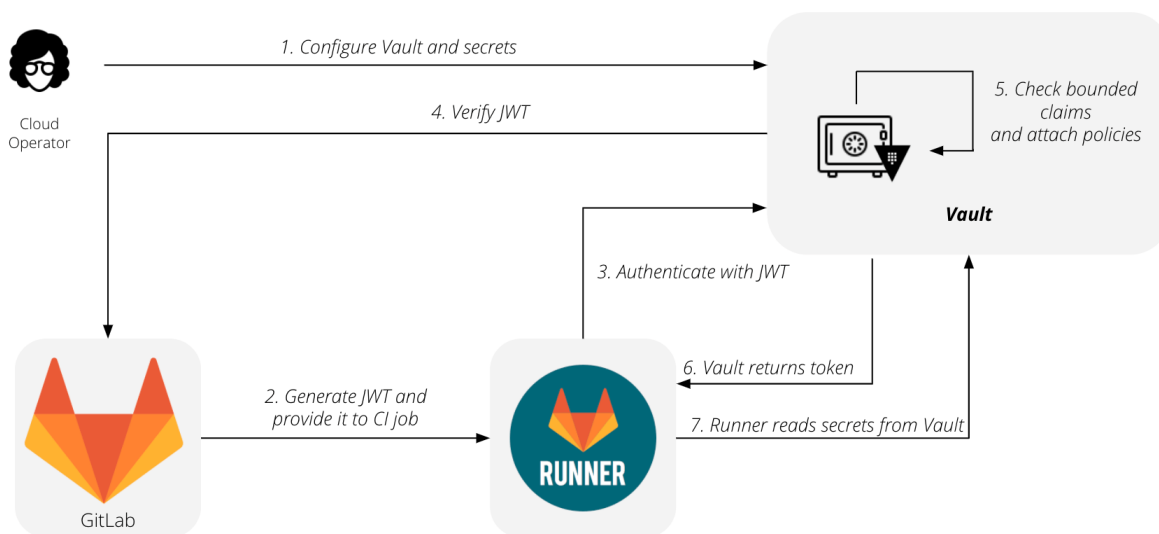


Рисунок 3 - Схема принципа работы механизма HashiCorp Vault в связке с Gitlab CI/CD [5]. 1- Конфигурация Хранилища HashiCorp Vault, 2 - Генерация JWT токена, 3 - Аутентификация с помощью JWT токена, 4 - Проверка JWT токена, 5 – Авторизация, 6 - Возвращение токена, 7 - Передача секретов в среду разработки.

Выделяемые процессы Системы защиты:

1. Конфигурация Хранилища HashiCorp Vault – Осуществляет настройку хранимых данных, способ их передачи в систему, списки доступа, политики.
2. Генерация JWT токена – JWT (JSON Web Token — это предлагаемый Интернет-стандарт для создания данных с дополнительной подписью и/или дополнительным шифрованием, полезная нагрузка которого содержит JSON, утверждающий некоторое количество утверждений. Токены подписываются либо с использованием закрытого секрета, либо с использованием открытого/закрытого ключа) токен генерируется внутри среды Gitlab и передается в Gitlab раннер для дальнейшей аутентификации.
3. Аутентификация с помощью JWT токена – Происходит передача токена с помощью методов HashiCorp Vault для проверки.
4. Проверка JWT токена – JWT токен сопоставляется с указанной Gitlab средой.
5. Авторизация – Проведение проверки пользователя на права доступа и сопоставление с политиками.

6. Возвращение токена – Vault передает токен обратно Gitlab раннеру после подтверждения.
7. Передача секретов в среду разработки - Авторизованный раннер начинает собирать данные для передачи в среду разработки.

Представленные механизмы защиты PacoCorp Vault:

- Связь клиента с Vault защищена от прослушивания, а также связь между Vault и его серверной частью хранилища или между узлами кластера Vault.
- Любое вмешательство извне (перехват трафика), ведет к тому, что Vault прекратит обработку транзакции.
- Все запросы обрабатываются в соответствии с применимыми политиками безопасности.
- Полное журналирование всех выполняемых в системе действий.
- Барьер безопасности автоматически шифрует все данные, выходящие из хранилища, с использованием 256-битного шифра Advanced Encryption Standard (AES) в режиме счетчика Галуа (GCM) с 96-битными одноразовыми номерами.

### Результаты исследования.

В результате исследования были разработаны модели Угроз и Нарушителя. Угрозы из данных моделей закрываются с помощью подключения Хранилища Секретов, благодаря тому что все секретные конфиденциальные данные изымаются из Gitlab и вносятся в хранилище секретов, где хранятся в зашифрованном виде.

Подключение системы хранения конфиденциальных данных не исправляет сами уязвимости среды разработки Gitlab, однако перенос секретных данных в отдельное защищенное хранилище убирает риски утечки информации при получении несанкционированного доступа злоумышленников в систему Gitlab. Ущерб от нижеследующих угроз и уязвимостей, представленных в моделях, полностью минимизируется за счет хранения секретных данных в интегрированном зашифрованном хранилище.

Таблица 2 – Модель Нарушителя

Нарушитель	Угроза	Мощность Тех средств	Уровень знаний в области ИТ	Используемые Технологии	Знания о построении и системы защиты объекта	Характер действий
Хакер-одиночка	Утечка секретов и переменных окружения Несанкционированный доступ к репозиторию GitLab	Компьютер /ноутбук	Варьируется от базового знания утилит и протоколов до специфических умений в ИБ и хакинге	Открытые утилиты (платные и бесплатные)	Минимальные (открытые данные, слухи)	Взлом системы, использование уязвимостей

Группа хакеров (организованная группа)	Запуск вредоносного кода в CI/CD Jobs Манипуляции с артефактами и сборки Утечка секретов и переменных окружения	Специализированные ВМ, сервера	На уровне офицера ИБ и выше	Специализированный софт, собственные разработки	Варьируются от разведки (подкупленные сотрудники, слитые данные)	Взлом системы, использование уязвимостей, киберразведка
Сотрудник фирмы	Несанкционированный доступ к репозиторию GitLab Несанкционированный доступ к Runner	Компьютер/ноутбук, технические средства	Варьируется от должности	Добавляется знание и владение корпоративным софтом	Варьируются от должности и допуска субъекта (вплоть до максимального)	Кража данных, порча активов

Таблица 3 – Актуальность Угроз

Угроза	Уязвимость	Вероятность СНА	Актуальность
Несанкционированный доступ к репозиторию GitLab	<a href="#">CVE-2023-5995</a> <a href="#">CVE-2023-6033</a> <a href="#">CVE-2023-4008</a> <a href="#">CVE-2023-3993</a> <a href="#">CVE-2023-3915</a>	Высокая	Высокая
Изменение конфигурационных файлов CI/CD	<a href="#">CVE-2023-3484</a>	Средняя	Высокая
Запуск вредоносного кода в CI/CD Jobs	<a href="#">CVE-2023-3932</a> <a href="#">CVE-2023-3922</a>	Средняя	Высокая
Утечка секретов и переменных окружения	<a href="#">CVE-2023-3399</a> <a href="#">CVE-2023-2069</a>	Средняя	Высокая
Несанкционированный доступ к Runner	<a href="#">CVE-2023-5207</a> <a href="#">CVE-2023-5106</a> <a href="#">CVE-2023-5009</a> <a href="#">CVE-2023-4700</a>	Средняя	Высокая
Манипуляции с артефактами сборки	<a href="#">CVE-2023-3994</a> <a href="#">CVE-2023-3424</a>	Средняя	Средняя

Таблица 4 – Модель Угроз

Угроза ИБ	Значимые свойства ИБ	Среда обработки ИА	Уязвимость среды обработки ИА	Последствия реализации угрозы ИБ Для ИА
Несанкционированный доступ к репозиторию GitLab	К, Ц, Д	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-5995</u> <u>CVE-2023-6033</u> <u>CVE-2023-4008</u> <u>CVE-2023-3993</u> <u>CVE-2023-3915</u>	Нарушение конфиденциальности и/или целостности
Несанкционированный доступ к репозиторию GitLab	К, Ц, Д	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-3484</u>	Нарушение целостности и/или конфиденциальности
Изменение конфигурационных файлов CI/CD	К, Ц, Д	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-3932</u> <u>CVE-2023-3922</u>	Нарушение целостности и/или конфиденциальности
Запуск вредоносного кода в CI/CD Jobs	Ц, К, Д	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-3399</u> <u>CVE-2023-2069</u>	Нарушение конфиденциальности и/или целостности
Утечка секретов и переменных окружения	К, Ц, Д	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-5207</u> <u>CVE-2023-5106</u> <u>CVE-2023-5009</u> <u>CVE-2023-4700</u>	Нарушение целостности и/или конфиденциальности
Несанкционированный доступ к Runner	Ц, Д, К	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-3994</u> <u>CVE-2023-3424</u>	Нарушение целостности и/или доступности
Манипуляции с артефактами сборки	Ц, Д, К	Сервер Gitlab	<u>CVE-2023-5995</u> <u>CVE-2023-6033</u> <u>CVE-2023-4008</u> <u>CVE-2023-3993</u> <u>CVE-2023-3915</u>	Нарушение целостности и/или доступности

### Заключение.

Данное исследование было проведено для решения проблемы небезопасной разработки программного обеспечения в Кыргызстане при использовании Gitlab среды разработки. Система Hashicorp Vault позволяет провести не затратную интеграцию со средой разработки и обеспечить безопасное хранение конфиденциальных данных, что приводит к повышению сохранности как конфиденциальных данных инфраструктуры, так и сохранности любых других данных, утечка которых может последовать при получении несанкционированного доступа.

### Список литературы

1. The MITRE Corporation. База данных CVE [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cve.mitre.org/>

2. Pulse Security Ltd. OMGCICD - ATTACKING GITLAB CI/CD VIA SHARED RUNNERS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pulsesecurity.co.nz/articles/OMGCICD-gitlab>

3. Cogroup. 10 real-world stories of how we've compromised CI/CD pipelines [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://research.nccgroup.com/2022/01/13/10-real-world-stories-of-how-weve-compromised-ci-cd-pipelines/>

4. CVEdetails.com powered by Security Scorecard. Уязвимости Gitlab [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.cvedetails.com/vulnerability-list/vendor\\_id-13074/Gitlab.html?page=1&cvssscoremin=6&year=2023&order=1&trc=181&sha=ec0b1662b30ae68aede28fc96f74bcdd56698c34](https://www.cvedetails.com/vulnerability-list/vendor_id-13074/Gitlab.html?page=1&cvssscoremin=6&year=2023&order=1&trc=181&sha=ec0b1662b30ae68aede28fc96f74bcdd56698c34)

5. GitLab B.V. Using external secrets in CI [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.gitlab.com/ee/ci/secrets/>

6. PacoCorp. Vault Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://developer.hashicorp.com/vault/docs?product\\_intent=vault](https://developer.hashicorp.com/vault/docs?product_intent=vault)

7. PacoCorp. Standardize secrets management [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hashicorp.com/products/vault>

8. Сабирова, Г.А. Современные методы защиты информации от атак социальной инженерии [Текст] / Г.А. Сабирова, А.А. Абдулаев, Н.А. Оморова, Б.Н. Туртемирова // Известия КГТУ. - Бишкек:2025. - № 1 (73). - С. 146-153.

**УДК 004**

**М. К. Молдоканов, А.А. Сагымбаев**

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

**M. K. Moldokanov, A. A. Sagymbaev**

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

## **МЕЖСЕТЕВЫЕ ЭКРАНЫ И СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ (IDS), И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ (IPS)**

### **ТАРМАК АРАЛЫК КОРГОО ЭКРАНДАРЫ (БРАНДМАУЭРЛЕР) ЖАНА УРУКСАТСЫЗ КИРҮҮНҮ АНЫКТОО (IDS) ЖАНА АЛДЫН АЛУУ (IPS) СИСТЕМАЛАРЫ**

#### **FIREWALLS AND INTRUSION DETECTION (IDS) AND PREVENTION SYSTEMS (IPS)**

*Макалада тармак аралык коргоо экрандары жана кирүүнү аныктоо (IDS) жана алдын алуу (IPS) системалары тармактык коопсуздуктун өз ара толуктоочу элементтери катары талданат. Тармак аралык коргоо экраны трафикти фильтрациялоону жана сегментациялоону, байланыш абалын (stateful inspection) көзөмөлдөөнү, ошондой эле NGFW алкагында контенттик функцияларды камсыз кылат. Ал эми IDS тармактык жана хосттук окуяларды мониторинг кылып, эскертмелерди түзөт, IPS болсо коркунуч аныкталган учурда чабуулдарды активдүү түрдө бөгөттөйт. Макалада аныктоо ыкмалары — сигнатуралык, аномалиялык жана гибридик ыкмалар — каралган. Ошондой эле inline жана out-of-band архитектуралык режимдери, алардын ишенимдүүлүккө жана өндүрүмдүүлүккө коюлган талаптары талданган. DPI (терең пакеттик талдоо) жана SSL-инспекциянын өткөрүү жөндөмдүүлүгүнө тийгизген таасири көрсөтүлүп, жалган ишке кирүүлөрдү (false positives) азайтуу үчүн туура тюнинг жүргүзүүнүн маанилүүлүгү*

белгиленген. Кеңири колдонулган NGFW чечимдери жана Snort, Suricata, Zeek сыяктуу инструменттер периметрдик алдын алуу жана ички мониторинг милдеттери боюнча салыштырылган. Жыйынтыгында коопсуздукту натыйжалуу камсыз кылуу үчүн SOC, SIEM системалары менен интеграциялоо жана эксплуатациялык процесстердин жетилгендиги зарыл экени белгиленген.

**Түйүндүү сөздөр:** тармак аралык экран, NGFW, IDS, IPS, трафикти чыпкалоо, DPI, сигнатуралык детектирлөө, аномалияларды аныктоо, гибридик детектирлөө, SOC, SIEM, SSL инспекция, сегментация.

*В статье анализируются межсетевые экраны и системы обнаружения (IDS) и предотвращения вторжений (IPS) как взаимодополняющие элементы сетевой защиты. Межсетевой экран обеспечивает фильтрацию и сегментацию трафика, контроль состояния соединений и контентные функции в NGFW, тогда как IDS мониторит сетевые и хостовые события и формирует оповещения, а IPS реализует активное блокирование атак в момент выявления. Рассмотрены методы детектирования сигнатурный, аномалийный и гибридный, а также архитектурные режимы inline и out of band с их требованиями к надежности и производительности. Показано влияние DPI и SSL инспекции на пропускную способность и важность тюнинга для снижения ложных срабатываний. Приведены сопоставления распространенных NGFW и инструментов Snort, Suricata, Zeek с точки зрения задач периметрового предотвращения и внутреннего мониторинга. Сделан вывод о необходимости интеграции с SOC SIEM и зрелых процессов эксплуатации.*

**Ключевые слова:** межсетевой экран, NGFW, IDS, IPS, фильтрация трафика, DPI, сигнатурный анализ, обнаружение аномалий, гибридное обнаружение, SOC, SIEM [14], SSL инспекция, сегментация.

*This paper examines firewalls and IDS IPS as complementary layers of network defense. Firewalls enforce security policies through traffic filtering, segmentation, stateful inspection, VPN, and deep inspection capabilities in next generation platforms. IDS monitors network and host telemetry to identify suspicious activity and generate alerts, while IPS adds real time enforcement by blocking malicious traffic and interrupting attack paths. The paper compares signature based, anomaly based, and hybrid detection approaches and discusses deployment modes inline and out of band, focusing on resilience and performance tradeoffs. It highlights how deep packet inspection and SSL inspection affect throughput and why continuous tuning is required to reduce false positives. Practical sections summarize typical use cases and contrasts for NGFW ecosystems and open-source tools such as Snort, Suricata, and Zeek for perimeter prevention and internal visibility. The conclusions emphasize disciplined policy management, timely updates, encryption aware monitoring, and SOC SIEM integration as key conditions for measurable effectiveness.*

**Key words:** firewall, NGFW, IDS, IPS, traffic filtering, DPI, signature-based detection, anomaly detection, hybrid detection, SOC, SIEM, SSL inspection, segmentation.

**Введение.** В условиях усложнения киберугроз и роста количества атак особое значение приобретают межсетевые экраны (МЭ) и системы обнаружения/предотвращения вторжений. Межсетевой экран (брандмауэр, файрволлы) — это аппаратно-программная система, контролирующая проходящий сетевой трафик и принимающая решение о пропуске либо блокировке пакетов данных. Основная функция брандмауэра - фильтрация трафика по заданным правилам для предотвращения несанкционированного доступа и вредоносной активности как извне, так и внутри сети. Система обнаружения вторжений (IDS) - программно-аппаратное средство, предназначенное для выявления фактов неавторизованного доступа к компьютеру или сети. Система IDS мониторит сетевой трафик и события в системе в реальном времени, распознает подозрительные действия и оповещает администраторов о возможных атаках. Система предотвращения вторжений (IPS) расширяет эти возможности, активно вмешиваясь для автоматической блокировки вредоносной

активности в момент обнаружения угрозы. Другими словами, система IDS действует как «сигнализация», предупреждающая о попытке взлома, тогда как система IPS - как «автоматический барьер», сразу пресекающий атаку [31-3].

**Актуальность темы.** В современных информационных системах брандмауэры и IDS/IPS обеспечивают критически важный уровень защиты, дополняя друг друга. Межсетевые экраны устанавливаются на границах сетей и внутри них для сегментации и фильтрации трафика, что позволяет предотвратить проникновение злоумышленников во внутренние сегменты и ограничить нежелательный исходящий трафик. Системы обнаружения и предотвращения вторжений, в свою очередь, отслеживают более тонкие проявления атак – вредоносные пакеты, аномальное поведение, попытки эксплуатировать уязвимости - и сигнализируют или блокируют их, усиливая многоуровневую защиту сети. Рост числа целевых атак (включая *zero-day* эксплойты, сложные APT-кампании) обуславливает необходимость применения как традиционных средств (брандмауэров), так и интеллектуальных систем IDS/IPS, способных выявлять невидимые ранее угрозы. Законодательные требования также стимулируют внедрение этих решений. Например, в Кыргызской Республике нормативно предписана защита периметра государственных сетей с помощью межсетевых экранов. Таким образом, глубокое изучение типов, возможностей и ограничений МЭ и систем IDS/IPS, а также обмен передовым опытом их использования, является актуальной научно-практической задачей [8-3].

Цель статьи - проанализировать особенности функционирования и применения межсетевых экранов и систем обнаружения/предотвращения вторжений в современных информационных системах.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть основные типы и функции межсетевых экранов и систем IDS/IPS.
2. Проанализировать архитектурные и функциональные различия систем IDS/IPS.
3. Выполнить сравнительный анализ распространенных решений межсетевой защиты.
4. Выявить особенности применения межсетевых экранов и IDS/IPS в России и Кыргызстане.
5. Определить основные проблемы и перспективы развития данных средств защиты.

**Типы межсетевых экранов.** Классификация межсетевых экранов обычно опирается на уровень модели OSI и на способ фильтрации трафика. В практической плоскости чаще всего выделяют сетевые экраны, прикладные экраны и комбинированные решения, поскольку именно эта схема отражает различия в глубине анализа и в характере управляемых рисков.

Сетевые межсетевые экраны работают преимущественно на сетевом и транспортном уровнях и принимают решения на основе адресов, портов и протоколов. Ранние реализации выполняли статическую фильтрацию пакетов по заранее заданным правилам доступа, что позволяло закрывать нежелательные соединения между сегментами, но не давало понимания контекста сессии и не позволяло оценивать полезную нагрузку. Следующим этапом стала фильтрация с учетом состояния соединений, при которой устройство ведет таблицу сессий и автоматически пропускает пакеты, относящиеся к уже разрешённым соединениям. Такой подход снижает административную нагрузку и повышает устойчивость к ряду сетевых атак за счёт контроля целостности каждой сессии. Однако даже при stateful механизмах анализ остаётся ограниченным техническими атрибутами трафика, поэтому сохраняются типичные ограничения, когда легитимные и вредоносные действия маскируются под один и тот же сервис и проходят через одинаковые порты [1-3].

Прикладные межсетевые экраны функционируют на уровне приложений и анализируют содержимое сетевых сообщений на уровне прикладных протоколов. На практике они часто реализуются как прокси, который разрывает прямую связность клиент сервер и формирует два логически независимых сеанса, что позволяет полностью контролировать протокольный диалог и применять глубокую инспекцию данных. Такой класс средств, способен фильтровать не только по адресам и портам, но и по параметрам

запросов, адресам ресурсов, типам файлов, протокольным командам и признакам внедрения вредоносного кода. Типовой специализированный пример представляет веб экран приложений, ориентированный на защиту веб сервисов от инъекций и межсайтовых атак. Плата за глубину контроля проявляется в росте вычислительной нагрузки, увеличении задержек на высоких скоростях и усложнении настройки, поскольку политика становится ближе к логике прикладного уровня [4-6].

Гибридные и многофункциональные решения объединяют сетевую фильтрацию, контроль состояния соединений и прикладную инспекцию в одной платформе, дополняя их механизмами обнаружения и предотвращения вторжений. Межсетевые экраны нового поколения распознают приложения независимо от портов, применяют контекстные политики и используют сигнатурные базы для блокирования известных атак на сетевом уровне. В составе таких комплексов нередко присутствуют средства удалённого доступа, проверка контента, антивирусные модули и централизованное управление политиками. Комбинированная архитектура повышает полноту защиты от современных угроз, но требует тщательного расчёта производительности, дисциплины в управлении политиками и квалифицированной эксплуатации, иначе глубокие функции начинают конфликтовать с требованиями пропускной способности и стабильности [4,5].

**Классификация IDS и IPS.** Системы обнаружения вторжений и системы предотвращения вторжений целесообразно разделять по месту развертывания средств наблюдения, поскольку этот фактор определяет видимость событий и характер телеметрии. Наиболее распространены сетевые решения, хостовые решения и комбинированные архитектуры, при этом метод обнаружения, сигнатурный или аномальный, выступает отдельным измерением и может присутствовать в каждом типе.

Сетевая система IDS или IPS размещается в ключевых точках инфраструктуры и анализирует проходящий трафик, как правило, через зеркалирование порта коммутатора или через отдельное устройство отвода трафика. Такой подход обеспечивает широкую наблюдаемость и позволяет выявлять сканирование, сетевые черви, попытки эксплуатации уязвимостей и множество периметровых сценариев, поскольку один сенсор охватывает сразу значительную часть узлов. Ограничения связаны с сегментацией и шифрованием, так как часть потоков может не попадать в зону видимости сенсора, а полезная нагрузка в зашифрованных каналах недоступна без организационно и технически сложных мер по расшифровке. Несмотря на это сетевые сенсоры остаются фундаментом защиты периметра и магистральных участков, особенно в крупных корпоративных сетях [8].

Хостовая IDS или IPS функционирует как агент на конкретной машине и отслеживает события операционной системы, системные вызовы, журналы безопасности, изменения критических файлов, а также поведение процессов. Такой контроль позволяет фиксировать повышение привилегий, модификацию конфигураций и другие действия, которые могут быть малозаметны на сетевом уровне. Хостовая IPS дополнительно способна блокировать отдельные операции на самой машине, что повышает шансы остановить атаку на поздних стадиях. Недостатки проявляются в необходимости сопровождать агенты на каждом узле, в потреблении ресурсов и в локальной ограниченности картины, поскольку каждый агент видит только свой хост. Наиболее обоснованно применение на критичных серверах и на узлах с повышенными требованиями к контролю целостности [6,7].

Гибридные IDS и IPS объединяют сетевые сенсоры и хостовые агенты, собирая события в единый центр корреляции. Совмещение сетевых индикаторов и телеметрии с конечных узлов повышает вероятность выявления сложных атак, где отдельные признаки поодиночке выглядят как малозначимые. Комбинированный подход требует развитой интеграции, единого формата событий и зрелых процессов обработки инцидентов, поскольку рост числа источников неизбежно увеличивает объём данных и требования к качеству корреляции [5-7].

Дополнительно на практике различают режим обнаружения и режим предотвращения. В режиме обнаружения система формирует оповещения и фиксирует инцидент в журналах, а

в режиме предотвращения автоматически разрывает подозрительные соединения или инициирует блокирование на средствах сетевой защиты. Во многих современных продуктах оба режима реализуются в одной платформе и различаются настройкой политики, поэтому корректнее рассматривать их как два управляемых сценария эксплуатации в зависимости от допустимого риска ложных срабатываний и от критичности защищаемого сегмента.

**Архитектура межсетевых экранов.** Межсетевой экран реализуется как отдельное сетевое устройство в стойке, как программный компонент на сервере или как функция сетевого оборудования уровня маршрутизации и коммутации. В базовом варианте это один узел на границе между внешней и внутренней сетью, через который проходит весь входящий и исходящий трафик. Обычно используются несколько сетевых интерфейсов, включая внешний сегмент, внутренний сегмент и демилитаризованную зону DMZ, а сам экран выступает шлюзом по умолчанию для защищаемой сети. Такая схема обеспечивает принудительное применение политики доступа, поскольку внешние соединения не могут миновать контрольный узел. Классическая логика работы опирается на правила фильтрации и на регистрацию событий, что позволяет фиксировать разрешённые и запрещённые попытки взаимодействия и поддерживать последующий анализ инцидентов [2].

В современных системах архитектура усложняется за счёт модульности и параллельной обработки функций безопасности. Наряду с сетевой фильтрацией и контролем состояния соединений добавляется глубокая инспекция содержимого, механизмы обнаружения и предотвращения вторжений, построение защищённых туннелей для удалённого доступа и связи филиалов, а также распознавание приложений и пользователей. Для снижения задержек производители внедряют обработку нескольких функций за один проход пакета и разделение вычислительных задач между потоками. В высокопроизводительных решениях существенную роль играет аппаратное ускорение, когда криптография, инспекция трафика и обработка потоков выполняются на специализированных микросхемах или выделенных ускорителях, что помогает удерживать пропускную способность при включении ресурсоёмких режимов анализа [5].

При эксплуатации распределённой инфраструктуры применяется многоуровневая схема управления с выделенным центром администрирования. Централизованная платформа позволяет формировать единую политику, согласованно обновлять правила и сигнатуры, собирать журналы со всех узлов и быстро тиражировать настройки на десятки устройств в филиалах и сегментах сети. Наряду с этим используется рассредоточенный подход, когда периметровый экран дополняется межсегментными фильтрами внутри сети и локальными брандмауэрами на конечных узлах. Такая композиция повышает устойчивость к обходу контроля, поскольку разделяет доверенные зоны и снижает последствия компрометации одного сегмента [4].

Функционально межсетевой экран сочетает несколько взаимосвязанных механизмов. Политика доступа задаёт допустимые направления, адреса и сервисы, что позволяет строго ограничивать внешние подключения к критичным узлам и управлять взаимодействием между внутренними зонами. Контроль состояния соединений поддерживает таблицу активных сессий и пропускает ответный трафик только в рамках разрешённых соединений, что уменьшает риск несанкционированных входящих пакетов и упрощает настройку. Преобразование сетевых адресов скрывает внутреннюю адресацию и снижает экспонирование структуры сети наружу, одновременно экономя публичные адреса. Поддержка VPN делает экран точкой криптографической защиты каналов и обеспечивает безопасный удалённый доступ при централизованном контроле. В системах нового поколения добавляется контентная фильтрация и встроенные механизмы предотвращения атак, а также привязка правил к приложениям и к пользовательским учётным записям через корпоративные каталоги. Завершающим элементом выступает журналирование и аналитика, где события фильтрации, срабатывания защитных модулей и параметры сессий формируют доказательную базу для расследований и интеграции с системами корреляции событий безопасности [6].

**Архитектура IDS/IPS.** Архитектура систем обнаружения вторжений, более распределённая по своей природе, так как IDS часто собирает данные из разных точек. Типичная архитектура IDS включает следующие компоненты:

1. Сенсоры (датчики) – модули сбора данных о событиях безопасности. Это могут быть сетевые сенсоры, пассивно слушающие трафик, или программные агенты на хостах. Сенсор фиксирует события (пакет, подозрительная системная операция и т.д.) и передаёт их на анализ.
2. Аналитический модуль (ядро IDS) – центральная подсистема, которая принимает данные сенсоров и анализирует их на наличие признаков атак. Здесь применяются методы: сигнатурное сравнение с базой шаблонов атак, анализ статистики, корреляция событий, поведенческий анализ и др.
3. Хранилище событий – база данных или журналы, куда сохраняются все обнаруженные инциденты, а также “сырые” данные (трейсы пакетов, логи ОС) для последующего расследования. Надёжное хранение необходимо для аудита и судебных экспертиз инцидентов.
4. Консоль управления – интерфейс для операторов безопасности (GUI или web-интерфейс), через который производится настройка правил IDS/IPS, просмотр оповещений, генерация отчётов. Консоль также часто выполняет функции корреляции событий и реагирования [8-5].

В простейших случаях все эти компоненты могут находиться на одном устройстве (например, Snort в режиме standalone содержит и датчик, и анализатор, и логи локально). Однако в корпоративных реалиях часто используется разделённая архитектура: многочисленные распределённые датчики и единый центр анализа. Такая система называется IDS с централизованной обработкой. Например, технология IBM QRadar или Cisco Secure IPS позволяет развернуть несколько сенсоров по сегментам сети, которые отправляют события на центральный сервер управления, где находится база корреляции и консоль [97-9].

Функциональные особенности IDS/IPS во многом определяются используемыми методами обнаружения:

- Сигнатурный анализ. Каждый входящий или исходящий пакет сравнивается с сигнатурами известных атак – шаблонами в базе данных. При совпадении генерируется тревога. Сигнатуры могут учитывать данные разных уровней: от сетевых до контентных (например, сигнатура строки `"/etc/passwd"` в HTTP-потоке). Преимущество метода – низкий уровень ложных срабатываний на известные атаки и высокая скорость анализа, недостаток – неспособность распознать новые угрозы без добавления соответствующей сигнатуры.
- Обнаружение аномалий. IDS формирует профиль “нормального” состояния системы с помощью статистики или методов машинного обучения, а затем отслеживает отклонения от этого профиля *pubes*. Всякая нетипичная активность рассматривается как потенциальная атака. Преимущество – возможность ловить *zero-day* атаки и неизвестные вредоносные программы, недостатки – высокий процент ложных тревог и требовательность к ресурсам. Например, резкий всплеск исходящего трафика с сервера может быть аномалией (утечка данных), но может оказаться и легитимной резервной копией – система на основе аномалий заметит это событие, однако администратору придётся разбираться, атака это или нет.
- Комбинированные (гибридные) методы. Многие современные IDS/IPS используют гибридный подход: сначала сигнатурный модуль быстро отсеивает известные атаки, а затем поведенческий модуль анализирует оставшиеся *непознанные* события на предмет аномалий. Такой подход снижает нагрузку и уменьшает число ложных тревог: известные шаблоны закрываются сигнатурами, а все сложные случаи отправляются на «интеллектуальный» анализ [6].

К архитектурным особенностям IDS/IPS также относится режим работы: в разрыв или в разрыв без остановки. *Пояснение:* IPS обычно работают *inline*– т.е. стоят по ходу трафика и могут его блокировать, поэтому должны обладать высокой отказоустойчивостью и пропускной способностью, часто реализуются на тех же устройствах, что и брандмауэр. IDS же часто работают *out-of-band*– получают копии трафика, и даже если IDS выйдет из строя, это не повлияет на пропуск трафика, но и остановить атаку она не сможет. В современных NGFW эти роли сливаются: устройство может и анализировать трафик на лету, и блокировать (IPS), а может быть настроено в режим лишь мониторинга (IDS).

Стоит упомянуть, что архитектура IDS/IPS сейчас часто вписывается в более широкие комплексы, например, центры мониторинга безопасности (SOC), куда стекаются события от IDS, брандмауэров, антивирусов и др. для общей корреляции. Пример - интеграция IDS с SIEM: обнаружив аномалию, IDS может отправить событие в SIEM, где совместно с данными от других сенсоров делается вывод о комплексной атаке. В обратную сторону, SIEM/SOC может отдавать команды IPS для немедленного блокирования трафика определенного типа, если по совокупности данных выявлен инцидент [8].

В целом архитектура IDS/IPS отражает баланс между децентрализацией и централизацией. Она должна быть масштабируемой, чтобы обрабатывать возросшие объемы трафика: так, Suricata реализует многопоточную архитектуру анализа для использования многоядерных процессоров, а Zeek (Bro) поддерживает кластерный режим – распределение нагрузки между несколькими узлами, совместно анализирующими один поток трафика, что позволяет применять Zeek в крупных сетях с гигабитными скоростями.

Таблица 1 - Сравнение NGFW (Cisco Secure Firewall, Fortinet FortiGate, Palo Alto Networks)

Критерий	Cisco Secure Firewall (Firepower)	Fortinet FortiGate	Palo Alto Networks NGFW
Аппаратная база	CPU-ориентир.	ASIC (FortiASIC)	Архитектура SP3
Аналитика угроз	IPS (Snort) + Talos	IPS + FortiGuard	App-ID/Content-ID + WildFire
Масштабирование	Кластеры, VM/Cloud	HA, VM/Cloud	HA, VM/Cloud, Panorama
DPI/SSL-инспекция	Поддерживается	Поддерживается	Поддерживается (расширенно)
Экосистема	Cisco Security	Fortinet Fabric	Cortex/облако Palo Alto
Стоимость	Средняя/высокая	Обычно ниже конкурентов	Премиальная

Сопоставление производительности корректно трактовать через архитектуру обработки трафика и профиль включённых функций, поскольку «паспортные» значения пропускной способности существенно меняются при активации DPI, IPS и особенно SSL/TLS-дешифрования. В Cisco Secure Firewall (Firepower) характерна опора на универсальные вычислительные ресурсы и тесная связка с IPS-движком Snort, что делает платформу предсказуемой с точки зрения сигнатурного контроля и удобной в средах, где уже используется стек Cisco для сетевого доступа и сегментации. Одновременно такой подход чаще требует более внимательного подбора моделей и лицензий под целевой профиль трафика, чтобы избежать деградации на сложных сценариях инспекции [5-8].

Fortinet FortiGate традиционно демонстрирует высокую «прикладную» производительность благодаря аппаратному ускорению (ASIC) и промышленно отлаженным механизмам инспекции, что обычно облегчает масштабирование периметра при ограниченном бюджете. В практической эксплуатации важен выбор режима анализа (условно «быстрый потоковый» и «полный прокси-анализ»), поскольку именно он

определяет баланс глубины проверки и задержек; за счёт гибкости этих режимов FortiGate часто применяют там, где требуется управляемая стоимость владения при сохранении широкого набора функций безопасности [2-5].

Palo Alto Networks NGFW исторически ориентирован на углублённую прикладную идентификацию и унификацию политики безопасности через распознавание приложений (App-ID) и контента (Content-ID), дополняя сигнатурный контур облачным анализом неизвестных объектов (sandbox-подход). Это повышает ценность решения в организациях, где критична проактивная защита и единые правила для гибридной инфраструктуры, однако на практике такая модель чаще подразумевает более высокие капитальные затраты и регулярные расходы на подписки. В крупных внедрениях заметным фактором становится и требование к квалификации персонала, особенно при построении централизованного управления и сквозных политик между площадками и облаком [4].

В итоге различия между платформами следует интерпретировать не как «лучше/хуже», а как различие инженерных приоритетов: Cisco обычно сильнее проявляет себя как часть комплексной экосистемы предприятия, Fortinet – как рациональная платформа с хорошей ценой за единицу производительности, Palo Alto – как решение, максимизирующее глубину контекстного контроля и единообразие политики в сложных, распределённых средах.

Таблица 2 - Сравнение IDS/IPS с открытым исходным кодом (Snort, Suricata, Zeek)

Критерий	Snort	Suricata	Zeek
Роль	IDS/IPS	IDS/IPS	NDR/NSM (анализ)
Параллелизм	2.x: ограничен	Многопоточн.	Кластерная модель
Метод анализа	Сигнатуры	Сигнатуры + протоколы	События + скрипты
Протоколы	Базовые/через модули	Широкие «из коробки»	Очень глубокий разбор
Реакция	Возможна inline	Возможна inline	Обычно не inline
Стоимость	OSS + правила	OSS + опц. подписка	OSS + инфраструктура

Различие между Snort, Suricata и Zeek принципиально связано не только с производительностью, но и с концепцией детектирования. Snort остаётся классическим эталоном сигнатурного подхода: модель «правило → совпадение → событие» обеспечивает высокую точность на известных классах атак и сравнительно простую эксплуатацию при умеренных объёмах трафика. Ограничения чаще проявляются в сценариях, где требуется масштабирование обработки на многоядерных системах и одновременная глубокая протокольная аналитика, особенно при росте количества правил и усложнении профиля трафика [7-9].

Suricata проектировалась с учётом многопоточности и высоких нагрузок, поэтому в практических развертываниях обычно даёт более линейный рост производительности на современном серверном железе. Существенное преимущество связано с развитой протокольной декомпозицией: анализ полей прикладных протоколов позволяет строить более «семантические» правила и повышать качество детектирования в веб-ориентированных и смешанных средах. Цена этого выигрыша – более строгие требования к ресурсам и к дисциплине настройки, поскольку эффективность зависит от того, насколько корректно заданы параметры потоковой обработки, логирования и хранилища событий [2-6].

Zeek занимает отдельную нишу: это не «классическая» inline-IPS, а платформа сетевой телеметрии и событийного анализа, ориентированная на наблюдаемость и расследование. Его сила заключается в богатстве данных и гибкости логики: вместо сопоставления пакетов с сигнатурами формируются события сетевой активности, которые затем обрабатываются скриптами и политиками, что удобно для поведенческих сценариев, охоты за угрозами и реконструкции цепочек действий. Практическим следствием становится рост объёма журналов и требований к хранению/аналитике, а также повышенная роль квалификации аналитиков: ценность Zeek максимальна там, где организация готова

превращать телеметрию в знания через процессы SOC, SIEM и threat hunting. Следовательно, выбор инструмента целесообразно увязывать с целевой функцией: для периметрового блокирования известных угроз достаточно сигнатурных IDS/IPS (Snort или Suricata, при прочих равных ситуациях, чаще предпочтительнее Suricata на высоких скоростях), тогда как для внутреннего мониторинга, расследований и построения сетевой «прозрачности» Zeek обеспечивает более полную картину за счёт детализированной протокольной телеметрии и программируемой аналитики [6].

**Реалии применения в Кыргызстане.** В Кыргызской Республике вопросы сетевой безопасности и внедрения средств защиты информации регулируются рядом нормативных актов, а практика использования брандмауэров и IDS/IPS находится в стадии активного развития. В 2024 году принят Закон КР «О кибербезопасности» (№121 от 17 июля 2024 г.), который заложил правовые основы единой системы кибербезопасности страны. Закон определяет обязанности госорганов и организаций по защите информационных систем, включая требование применять современные средства предотвращения несанкционированного доступа [11].

Для государственных информационных систем (ГИС) действуют технические нормативы. Так, Постановлением Правительства КР №762 (21.11.2017) утверждены «Требования к защите информации, содержащейся в базах данных государственных информационных систем». Эти требования прямо обязывают использовать межсетевые экраны при подключении государственных информационных систем к сетям передачи данных. В частности, указано, что при подключении серверов к государственной инфраструктуре электронного управления безопасность должна обеспечиваться выделенными межсетевыми экранами и шлюзами доступа, установленными в местах стыка системы с локальной сетью. Иными словами, все госорганы, эксплуатирующие базы данных, должны внедрять экраны на границе своих сегментов для защиты периметра [13].

Кроме того, в этих требованиях содержится указание на разграничение сегментов сети различного уровня доверия, мониторинг и журналирование инцидентов безопасности. Отсюда следует, что IDS/IPS также рассматриваются как желательные компоненты. Хотя прямого требования об IDS в типовых нормах может не быть, косвенно оно вытекает из обязанности «обеспечить контроль событий безопасности». Органом, ответственным за контроль исполнения требований, является Министерство цифрового развития и инновационных технологий Кыргызской Республики совместно с Государственным комитетом национальной безопасности, что подчёркивает серьёзность подхода.

На практике, в государственном секторе Кыргызстана для защиты внешних соединений широко применяются классические межсетевые экраны (чаще всего производства известных мировых брендов или их российских партнеров). Многие министерства и ведомства используют решения Cisco ASA/Firepower, Check Point, Fortinet и пр., развернутые на границе своих сетей (информация об этом прослеживается в тендерах и госзакупках). Например, Единая система межведомственного электронного взаимодействия «Тундук» - ключевая платформа электронного правительства - включает компоненты безопасности, где фигурируют серверы безопасности с функциями межсетевого экранирования и контроля доступа [10].

В банковском секторе и крупном бизнесе также применяются современные NGFW и IDS. Наблюдается интерес к продуктам российских разработчиков, адаптированных под локальные требования. Так, в Кыргызстане востребован Positive Technologies Application Firewall (PT AF) – российский веб-экран нового поколения (WAF+FW). Согласно нашему аналитическому обзору, данный продукт востребован в банковских и государственных учреждениях, платежных системах, телекоммуникациях и др. сферах в стране. PT AF сертифицирован в РФ и обеспечивает защиту веб-приложений и обнаружение атак на уровне приложений, что актуально для публичных порталов и электронных сервисов, развиваемых в Кыргызской Республике [8].

Нормативно-техническое сотрудничество с Россией также влияет: в октябре 2024 года введено положение о сертификации средств защиты информации (СЗИ) в сфере государственных закупок Кыргызстана. Это положение требует, чтобы закупаемые государством средства кибербезопасности соответствовали определенным критериям и были проверены. Следовательно, межсетевые экраны и IDS/IPS, приобретаемые для критических объектов, должны иметь сертификаты безопасности. Пока система сертификации в Кыргызстане находится на начальном этапе, временно ориентируются на международные и российские стандарты. Можно отметить, что вызов для Кыргызстана - нехватка собственных разработок в этой сфере, поэтому используются импортные решения. В то же время ведется локальная подготовка специалистов: Банк России сообщал об обучении кадров из Кыргызстана в области информационной безопасности, и ряд университетов внедряет курсы по кибербезопасности, где рассматриваются практики настройки систем IDS/IPS. В национальной стратегии цифровой трансформации «Цифровой Кыргызстан» безопасность выделена как приоритет, что подразумевает дальнейшее распространение этих технологий [11-13].

**Проблемы и вызовы внедрения.** Несмотря на очевидные преимущества, внедрение межсетевых экранов и IDS/IPS связано с рядом трудностей и ограничений.

1. Ложные срабатывания (False Positives). Одна из главных проблем IDS – избыточное число тревог, в том числе ошибочных. Сигнатурные системы, как правило, довольно точны, но при широких сигнатурах возможны ложные тревоги. Ещё больше эта проблема проявляется в аномалийно-ориентированных IDS: поведенческие алгоритмы склонны классифицировать любую непривычную активность как потенциальную атаку. Это приводит к тому, что администраторы получают сотни уведомлений, из которых реальные инциденты составляют небольшой процент. «Шум» ложных срабатываний перегружает персонал и может привести к пропуску реально важного предупреждения. Поэтому необходим тщательный тюнинг систем: настройка правил исключений (*whitelists*) для легитимного нестандартного трафика, корректировка порогов и детекторов. Например, исключение из анализа резервного сервера, генерирующего ночной пик трафика, чтобы IDS не считала это DDoS. В документации часто подчеркивается важность анализа логов и корректировки правил на постоянной основе для снижения ложных тревог. Тем не менее, полностью избавиться от false positives невозможно, а значит требуется наличие квалифицированного персонала или центров мониторинга, обрабатывающих инциденты. Для межсетевых экранов ложные срабатывания тоже возможны, но там это скорее вопрос ошибочной настройки, тогда как для IDS - объективное следствие принципа работы [6-8].

2. *Ложное ощущение безопасности и пропуски атак (False Negatives)*. Обратная сторона - сигнатурные системы не обнаруживают неизвестных атак (zero-day), поэтому могут давать ложное ощущение защищённости. Злоумышленники постоянно видоизменяют методы, и, если нет подходящей сигнатуры или модель аномалии не обучена на такой шаблон – IDS пропустит вторжение. Межсетевой экран, настроенный по принципу «что не запрещено – разрешено», тоже может пропустить вредонос, если не создано правильное правило. Кроме того, шифрование трафика создает зону, недоступную для анализа: классический файрвол или IDS не видит, что передается внутри TLS-сессии. При нынешней доле шифрованного трафика >80% это серьезный вызов. Решение - внедрение SSL/TLS инспекции, но это сложно. Таким образом, *отсутствие тревог не означает отсутствие атаки*, и требуется комплексный подход.

3. *Сложность настройки и эксплуатации*. Современные NGFW и особенно IDS/IPS – сложные в техническом отношении системы, требующие высокой квалификации администраторов. Например, настройка правил межсетевого экрана в большой организации с множеством сервисов – нетривиальная задача: нужно учесть все разрешённые потоки, не оставить “дыр”, и при этом не нарушить работу бизнеса. Конфигурация Cisco Firepower известна как достаточно сложная, и добиться оптимальной производительности иногда трудно без экспертов. Для IDS проблемы – корректное развёртывание сенсоров в нужных

точках, оптимизация правил, регулярный тюнинг сигнатур. Кроме того, интеграция с инфраструктурой: нужно настроить зеркалирование трафика на сенсор, или inline-разрыв – это может потребовать изменения схемы сети. Человеческий фактор тоже велик: неправильно заданное правило firewall может обрушить сервис, а отключение “шумной” сигнатуры в IDS - пропустить атаку. В совокупности, эксплуатация этих систем - постоянный процесс: мониторинг логов, обновление сигнатур, актуализация правил при изменениях в сети. В небольших организациях часто не хватает ресурсов на такое сопровождение, отчего системы либо работают неэффективно, либо вообще отключаются [3].

4. *Ресурсные требования и производительность.* Фильтрация и анализ трафика в режиме реального времени – ресурсоёмкая задача. Чем глубже анализ, тем больше требуется CPU, памяти, специализированных ускорителей. Например, включение SSL-дешифровки на межсетевом экране может снизить его производительность в разы, если нет аппаратного ускорения, так как шифрование/расшифрование потребляет много CPU. Производители нередко публикуют две цифры throughput: «без DPI» и «с включённым DPI + функций безопасности», и вторая значительно ниже. Так, файрволл, пропускающий 10 Гбит/с на голом пакетном фильтре, при включении антивируса, IPS, WAF может падать только до 2-3 Гбит/с. Это надо учитывать при планировании - иначе сетевые экраны станут узким местом (бутылочным горлом) и вызовут задержки для пользователей. IDS также тяжелы: Suricata на 10 Гбит/с трафика потребует мощный многопроцессорный сервер. Требования к каналам и зеркалированию: при большом трафике отвод его копии на сенсор может потребовать специальных коммутаторов с портами агрегации, что тоже влечет расходы. Кроме того, сами по себе логины и оповещения — это нагрузка на систему хранения: высокопроизводительная IDS генерирует гигабайты логов ежедневно, требуя емкости и средств для их анализа [8].

5. Шифрование трафика и приватность. Как отмечалось, все больше коммуникаций шифруются (HTTPS, VPN). Межсетевые экраны и IDS видят только зашифрованный поток и не могут анализировать содержание без механизмов man-in-the-middle. IPS может оперировать поведенческими признаками, но точной сигнатурной детекции нет. Выход - внедрять SSL/TLS Proxy на файрволл. Однако это:

- а) увеличивает нагрузку;
- б) создаёт проблемы с приватностью (расшифровка может противоречить политике конфиденциальности, особенно для персональных данных);
- в) технически сложна в эпоху сертификатов и HSTS. Многие организации не решаются на полную *inspection* всего HTTPS – вместо этого применяют выборочную. Но тогда злоумышленники могут скрыть атаки в разрешенном зашифрованном канале.

6. Обходные манёвры. Хакеры разрабатывают техники обхода как файрволлов, так и IDS. Например, для файрволла - маскировка трафика под разрешенный. Если политика нестрогая, такие пакеты пройдут. Для IDS известны приёмы фрагментации, дожидаящейся тайм-аутов, рандомизации – чтобы сенсор не собрал в единую картину вредоносную нагрузку. Также злоумышленники могут генерировать массу ложных срабатываний (DOS на аналитика), чтобы спрятать настоящую атаку в потоке шумов. Все это требует постоянного совершенствования систем: добавление модулей нормализации трафика, увеличение глубины анализа и т.п., что, опять же, опирается в ресурсы.

7. Организационные и кадровые проблемы. Для успешного внедрения мало купить и установить технику - нужна процедура реагирования. Если IDS генерирует оповещение, должны быть сотрудники или команда, способные оперативно это проверить и принять меры. В ряде организаций IDS устанавливаются “для галочки”, но никто не смотрит логина - в итоге смысла в ней нет. Аналогично, файрволл с неправильно оформленными правилами может создавать больше проблем с доступностью сервисов, чем решать задач. Часто возникает конфликт между отделами: служба безопасности хочет закрыть все, IT-отдел – оставить открытым для удобства. Компромисс находится не всегда оптимальный, поэтому социальный фактор тоже вызов [3,4].

Несмотря на перечисленные проблемы, методики их решения известны. Для снижения ложных тревог применяют гибридные системы с ML, которые по заверениям производителей, лучше отличают норму от атаки. Внедряются платформы SOAR для автоматизации обработки инцидентов, чтобы убрать часть нагрузки с людей. Обучение персонала, четкие регламенты помогают справляться с потоком оповещений. В конце концов, риск внедрения считается оправданным: лучше получить ложную тревогу, чем пропустить настоящую. Главное – правильно настроить баланс чувствительности систем.

**Перспективы развития.** С развитием технологий и усложнением угроз брандмауэры и IDS/IPS претерпевают эволюционные изменения. Ниже выделены некоторые перспективные направления и тренды:

1. Интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения. Будущие системы безопасности все более опираются на AI/ML для выявления сложных атак. Уже сейчас появляются продукты, использующие самообучающиеся модели: например, упомянутый Darktrace – платформа, анализирующая поведение устройств в сети с помощью ML и обнаруживающая аномалии без заранее заданных сигнатур. Ожидается, что IDS/IPS нового поколения будут способны адаптироваться к “нормальному” профилю сети в режиме реального времени и замечать малейшие отклонения с меньшим числом ложных срабатываний. Алгоритмы глубокого обучения могут анализировать множество параметров трафика, выявляя скрытые корреляции, что недоступно простым правилам. Уже сейчас ML применяется для детектирования АРТ: подозрительное сочетание событий, которые по отдельности невинны, но вместе указывают на проникновение. В перспективе, искусственный интеллект (AI) будет также помогать в реакции – автоматически принимать решения о блокировке, минимизируя вмешательство человека. Однако это ставит вопрос доверия к «черным ящикам» AI и необходимость предотвращать обучение модели злоумышленниками [3-6].

2. Адаптивные и самообучающиеся системы. Связано с AI, но шире: адаптивная безопасность подразумевает, что системы могут изменять свои политики на лету в ответ на обстановку. Например, если в мире началась новая массовая атака, система могла бы автоматически усилить фильтрацию соответствующего трафика, даже если локально ещё атаки не было. Или, скажем, при обнаружении подозрительной активности IPS может временно ужесточить правила фаерволла (более узко прикрывать порт для данного IP) – динамическое реагирование. Уже реализуются концепции вроде SOAR, где по сценарию при инциденте система сама изолирует хост, повышает уровень блокировок. Перспектива - более глубокая интеграция IDS и фаерволла: не просто фаерволла блокирует по команде IPS, а и наоборот, IDS подстраивает профили с учётом политики фаерволла и текущего фона атак. К адаптивности относится и контекстная авторизация: например, если пользователь обычно работает в рабочее время, а вдруг активность в 3 ночи – система может временно урезать его сетевые права или запросить MFA. Такие подходы (UEBA – User and Entity Behavior Analytics) уже входят в корпоративные решения и будут далее развиваться.

3. Конвергенция и платформенность. Граница между разными типами средств безопасности стирается. NGFW уже включает IDS, теперь идут дальше: объединяются также функцииSWG (Secure Web Gateway), CASB (Cloud Access Security Broker), ZTNA (Zero Trust Network Access) – всё в едином облачном сервисе. Концепция SASE (Secure Access Service Edge) предполагает, что firewall/IPS становятся облачными микросервисами, через которые проходит трафик распределённой компании. Это упрощает масштабирование и управление (не надо ставить железо в каждом филиале – трафик фильтруется в облаке провайдера). Перспективно развитие Firewall-as-a-Service (FWaaS) – крупные провайдеры (Cloudflare, Zscaler) предлагают облачные фаерволлы, защищающие сразу WAN организации. Это особенно важно с ростом удаленной работы и облачных приложений: традиционный периметр размывается, и защита смещается ближе к пользователю/облаку. Поэтому вероятно появление распределённых межсетевых экранов, в том числе реализованных программно

(виртуальные сетевые функции) – вплоть до встроенных в операционные системы «мини-экранов», связанных общей облачной аналитикой [3].

4. Глубокая инспекция зашифрованного трафика. Проблема шифрования будет решаться развитием технологий вроде TLS 1.3, и использованием аппаратных средств. Возможно расширение применения MITM-аппаратов с ускорителями, а также поведенческих NTA (Network Traffic Analysis) систем, которые анализируют зашифрованный поток по косвенным признакам и используют AI для выявления угроз без расшифровки. Например, анализируют время и размеры пакетов, последовательности запросов, статистику соединений. Уже есть продукты NDR, заявляющие обнаружение атак в TLS по таким методам. В перспективе, когда квантовая криптография усложнит прослушивание, могут понадобиться кардинально новые подходы.

5. Улучшение взаимодействия человека и системы. Интерфейсы управления становятся более «умными»: SOAR-платформы берут на себя рутину, оставляя человеку только принятие ключевых решений. В будущем, возможно, IPS будут объяснять администратору причину срабатывания (добавление возможности AI), что сейчас зачастую непрозрачно. Также развивается направление Threat Intelligence интеграции: новые IOC (индикаторы компрометации) автоматически подхватываются экранами/IPS. Будет расти роль глобальных облачных репутационных сервисов и обмена данными об атаках между организациями в реальном времени [10-13].

6. Специализация под новые среды. Появляются контейнерные межсетевые экраны (для Kubernetes, Docker-сред) и кластерные IDS заточенные под восточно-западный трафик в дата-центрах. С развитием IoT и индустриального интернета потребуются легковесные firewall/IPS для устройств с малой мощностью, но здесь возможно решат на сетевом уровне (шлюзы). В индустриальных системах (АСУ ТП) уже есть спрос на адаптированные IDS, умеющие работать с специфичными протоколами (Modbus, OPC UA) и выдерживать жёсткие требования реального времени – такие решения тоже будут развиваться [5].

Будущее за комплексными адаптивными системами. Отдельный межсетевой экран или IDS уже рассматриваются как часть экосистемы безопасности, где границы между категориями стираются. Например, концепция Zero Trust требует проверки каждого соединения – это задача одновременно и для firewall (сегментация) и для IDS и для средств управления доступом. Реализовать её можно только совместно, что стимулирует интеграцию. Производители движутся к созданию унифицированных платформ (XDR), которые собирают данные от сетевых экранов, endpoint-датчиков, облачных сенсоров - и обрабатывают централизованно с помощью AI. Тем не менее, роль традиционных межсетевых экранов и IDS ещё долго будет ключевой: они остаются «первой линией обороны» и источником сырой информации о трафике, без чего невозможна никакая аналитика.

**Заключение.** Межсетевые экраны нового поколения и системы IDS/IPS образуют взаимодополняющую основу практической киберзащиты: NGFW обеспечивает управляемую сегментацию и принудительное соблюдение политик доступа на уровне сетевых и прикладных контекстов, тогда как IDS/IPS фокусируется на выявлении эксплуатационных попыток, злоупотреблений протоколами и подозрительных поведенческих паттернов, включая сценарии, которые недостаточно выражены на уровне статических правил фильтрации. Совместное применение этих классов средств повышает устойчивость инфраструктуры за счёт сочетания профилактического контроля и детектирования, а результативность определяется корректным профилированием трафика, качеством политик, актуальностью сигнатур и организацией непрерывного мониторинга.

Перспективная траектория развития связана с ростом доли контекстной аналитики и автоматизации реагирования: расширяется применение методов машинного обучения для обнаружения неизвестных угроз, усиливается интеграция с платформами оркестрации и корреляции событий, а также формируется единая политика безопасности для гибридных и распределённых сред. При этом ключевым условием эффективности остаётся инженерная и

процессная зрелость эксплуатации: снижение ложных срабатываний, контроль шифрованного трафика в допустимых границах, поддержание производительности при глубокой инспекции и системное управление жизненным циклом правил и исключений.

### Список литературы

1. Браницкий А.А., Котенко И.В. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ia.spcras.ru/index.php/sp/article/download/3267/1883> (дата обращения: 15.09.2025).
2. Бриль, Н.Е., Шабалин А.М. Организация защиты сети предприятия средствами межсетевого экрана нового поколения [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/19922/1/miim\\_2022\\_299\\_304.pdf](https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/19922/1/miim_2022_299_304.pdf) (дата обращения: 10.10.2025).
3. Романюк, М.В. Сравнительный анализ функциональности NGFW [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/51366/1/Romanyuk\\_Sravnitel'nii\\_analiz.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/51366/1/Romanyuk_Sravnitel'nii_analiz.pdf) (дата обращения: 15.10.2025).
4. ГОСТ Р 57429-2017. Судебная компьютерно-техническая экспертиза. Термины и определения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://s.siteapi.org/9f219b80406f67a.ru/docs/bi44mam6n20w0ok0cg4s88cs8k4w8k> (дата обращения: 07.12.2025).
5. ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200058320> (дата обращения: 21.12.2025).
6. Cisco Systems, Inc. Развертывание IPS: терминология IPS/IDS (материалы курса SEC-2030) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.cisco.com/c/dam/global/ru\\_ua/assets/expo2006/download/sec\\_ips\\_mkader\\_final.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ua/assets/expo2006/download/sec_ips_mkader_final.pdf) (дата обращения: 17.10.2025).
7. D-Link. Описание курса «Основы сетевой безопасности. Часть 1: Межсетевые экраны» (совместно с ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://d-link.ru/up/docs/Network\\_Security\\_Firewalls\\_part\\_1.pdf](https://d-link.ru/up/docs/Network_Security_Firewalls_part_1.pdf) (дата обращения: 05.12.2025).
8. Лежнёв, А.В., Кургузов В.Д., Юрин И.Ю., Яковлева Н.А. Требования к межсетевому экрану нового поколения (NGFW). Информационный документ Cisco (русскоязычная версия) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://technon.ru/upload/pdf/whitepaper\\_c11-7342945B15D.pdf](https://technon.ru/upload/pdf/whitepaper_c11-7342945B15D.pdf) (дата обращения: 23.10.2025).
9. Стромов В.О. Веб-интерфейс для анализа и систематизации удалённых атак на базе системы обнаружения вторжений Snort: выпускная квалификационная работа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/v18-1782.pdf/en/info> (дата обращения: 07.12.2025).
10. Кыргызская Республика. Закон Кыргызской Республики «О кибербезопасности Кыргызской Республики»: от 17 июля 2024 г. № 121 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cert.gov.kg/ru/legislation/> (дата обращения: 17.12.2025).
11. Кыргызская Республика. Постановление Правительства Кыргызской Республики от 21 ноября 2017 года № 762 «Об утверждении Требований к защите информации, содержащейся в базах данных государственных информационных систем» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tunduk.gov.kg/ru/documents/normativnye-pravovye-i-lokalnye-akty/3-postanovlenie-pravitelstva-kyrgyzskoy-respubliki-ot-21-oktyabrya-2017-goda-762-ob-utverzhdenii-trebovaniy-k-zashchite-informatsii-soderzhashcheysya-v-bazakh-dannykh-gosudarstvennykh-informatsionnykh-sistem> (дата обращения: 10.11.2025).
12. Кыргызская Республика. Постановление Правительства Кыргызской Республики от 24 июля 2019 года № 369 «Об утверждении Стратегии кибербезопасности Кыргызской

Республики на 2019–2023 годы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/7-3006/edition/1152456/ru> (дата обращения: 17.09.2025).

13. Кыргызская Республика. CERT.KG. Средства защиты информации: сертификация СЗИ (ссылка на постановление № 621) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cert.gov.kg/ru/crypto/szi/> (дата обращения: 28.10.2025).

14. Сагымбаев А.А. Цифровая трансформация технического образования Кыргызской Республики: вызовы и перспективы [Текст] / А.А. Сагымбаев, Б.Э. Таштобаева, Сагымбаев Амантур // Известия КГТУ. - Бишкек:2024. - № 2 (74). - С. 1121-1128.

**УДК 004.8:616.379-008.64**

**Ж.Ж. Жакыпова, А.К. Карымшаков**

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

**Zh.Zh. Zhakypova, A.K. Karmyshakov**

Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
zlydyzzakypova212@gmail.com, a.karmyshakov@kstu.kg

## **ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА САХАРНОГО ДИАБЕТА**

### **КАНТ ДИАБЕТИН АРАЛЫКТАН КӨЗӨМӨЛДӨӨ СИСТЕМАСЫНА ЗАМАНБАП САНАРИПТИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ИНТЕГРАЦИЯЛОО**

### **INTEGRATION OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES INTO REMOTE DIABETES MONITORING SYSTEMS**

*Бул макалада кант диабети менен ооругандар үчүн телемедициналык мониторинг системасын иштеп чыгууда жана ишке киргизүүдө маанилүү параметр болуп медициналык маалыматтарды берүүнүн ишенимдүүлүгүн камсыз кылуу, шашылыш абалдарга өз убагында жооп кайтаруу жана маалыматтык коопсуздук талаптарын сактоо эсептелет.*

***Түйүндүү сөздөр:** кант диабети, телемедицина, IoT, глюкозаны үзгүлтүксүз мониторингдөө, жасалма интеллект, аралыктан көзөмөлдөө.*

*В данной статье важным параметром при разработке и внедрении системы телемедицинского мониторинга для пациентов с сахарным диабетом является обеспечение надежности передачи медицинских данных, своевременности реагирования на неотложные состояния и соблюдение требований информационной безопасности.*

***Ключевые слова:** сахарный диабет, телемедицина, IoT, непрерывный мониторинг глюкозы, искусственный интеллект, дистанционный контроль.*

*In this paper, a critical parameter in the development and deployment of a telemedicine monitoring system for patients with diabetes mellitus is the assurance of reliable medical data transmission, timely emergency response, and adherence to information security requirements.*

***Key words:** diabetes mellitus, telemedicine, IoT, continuous glucose monitoring, artificial intelligence, remote monitoring.*

**Введение.** Разработка мобильного приложения является важной задачей для больных сахарным диабетом. Сахарный диабет — это глобальная проблема здравоохранения,

распространенность которой растет во всем мире, и Кыргызстан не является исключением. В Кыргызской Республике официально зарегистрировано более 85 000 пациентов с сахарным диабетом, что создаёт значительную нагрузку на систему здравоохранения и подчёркивает необходимость внедрения масштабируемых цифровых решений.

Дистанционный мониторинг пациентов, представляющий собой автоматизированный процесс, включающий быструю передачу данных от человека с диабетом к медицинским работникам, часто рассматривается как технологическое решение проблем оказания медицинской помощи, способное снизить как заболеваемость, так и смертность.

В Кыргызстане уже реализуются успешные проекты в области телемедицины. Например, в Иссык-Кульской области был внедрен пилотный проект с использованием портативных телемедицинских комплексов, которые обслуживают 8 отдаленных сел с населением около 15 000 человек. За месяц проводится более 200 телеконсультаций, при этом 36% из них приходится на эндокринологию и общую терапию, что напрямую связано с ведением пациентов с диабетом. Результаты показывают, что 100% пациентов смогли получить консультацию быстрее благодаря телемедицине, а 98% отметили, что без таких решений они бы вовсе не обратились к врачу. Эти данные подтверждают высокий потенциал внедрения специализированных систем мониторинга для больных сахарным диабетом по всей стране.

**Цель исследования** – разработка и научное обоснование архитектуры мобильного приложения для телемедицинского мониторинга пациентов с сахарным диабетом в Кыргызстане, обеспечивающего надежную передачу данных, своевременное реагирование на неотложные состояния и соответствие требованиям информационной безопасности.

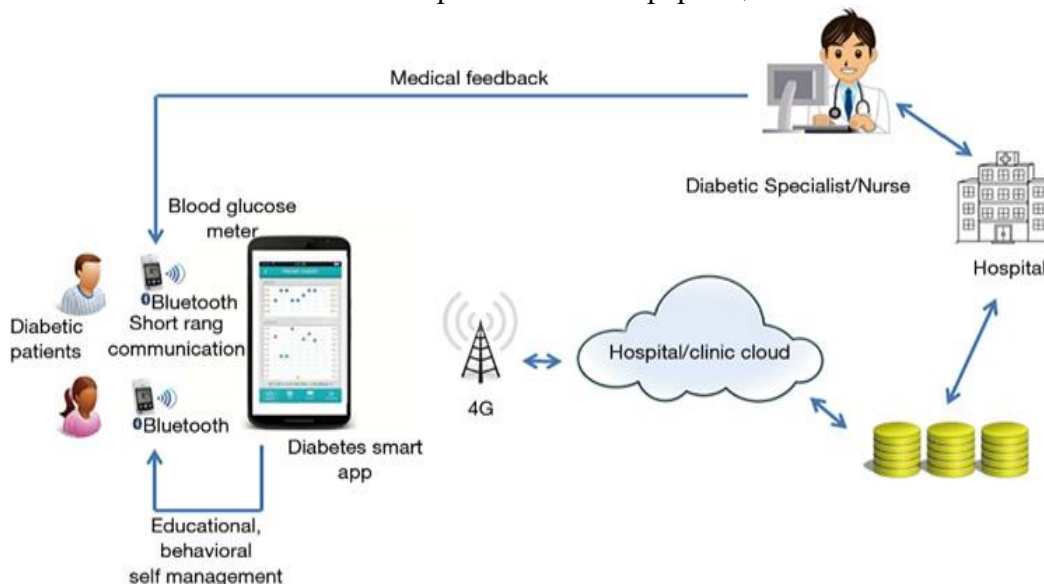


Рисунок 1 - Общая архитектура мобильных систем самоконтроля и ухода за больными диабетом состоит из следующих модулей

1. Пациенту предоставляется смартфон со специальным приложением для диабетиков, беспроводным способом (через Bluetooth) подключенный к глюкометру и используемый для отслеживания и хранения ежедневных данных об уровне глюкозы в крови и его состоянии. Лицам с гипертонией и диабетом также могут быть предоставлены беспроводные приборы для измерения артериального давления и веса по мере необходимости. После этого пациенту необходимо пройти базовое обучение и образовательную программу по использованию этих систем.
2. Полученные данные об уровне глюкозы в крови обычно передаются по беспроводной связи через смартфон пациента и хранятся на удаленном портале, размещенном в поликлинике или больнице. Этот портал содержит электронную медицинскую карту пациента, дополненную интеллектуальными инструментами анализа данных, которые могут обрабатывать данные и создавать простые наглядные графики. Доступ к ним и

просмотр этих данных осуществляется пациентом и врачом через два отдельных веб-портала, каждый из которых разработан для отдельного доступа. Графики содержат информацию и сообщения для поддержки принятия решений, такие как рекомендации по изменению образа жизни, обучающие материалы и сведения о необходимых лекарствах для улучшения ежедневного режима лечения пациента.

3. Корректировка любых необходимых лекарственных препаратов и планов лечения для каждого пациента осуществляется на основе истории его самоконтроля, ежедневных показателей уровня глюкозы в крови, прогресса лечения и разработанных протоколов терапии, которые регулярно оцениваются с интервалом в 3–6 месяцев.

Основные принципы мобильных медицинских вмешательств, используемых для цифрового лечения диабета и самоконтроля, основаны на следующих задачах, обычно встроенных в большинство современных приложений для смартфонов.

1. Мобильные устройства для самостоятельного измерения и регистрации уровня глюкозы в крови;
2. Улучшение рациона питания и здоровое питание;
3. Более эффективные физические упражнения;
3. Соблюдение режима приема лекарств;
4. Повышение уровня образования и осведомленности;
5. Расчет дозировки инсулина;
6. Обратная связь в режиме реального времени и обмен информацией между пациентом и врачами.

В зависимости от клинической необходимости, в эти интеллектуальные приложения можно включить и другие второстепенные задачи или функции.

#### **Заключение.**

Проведенное исследование подтвердило, что разработка мобильного приложения для пациентов с сахарным диабетом является актуальной задачей, а предложенное архитектурное решение отвечает современным требованиям телемедицины. Основным выводом работы является положение о том, что ключ к эффективному приложению для управления диабетом — это не просто набор инструментов для самоконтроля, а полноценная интеграция с лечащим врачом. Реализованная в системе архитектура, где приложение выступает мостом для постоянного наблюдения и обратной связи, создает условия для повышения мотивации пациентов и улучшения контроля заболевания. Дальнейшее развитие данного подхода, включая внедрение элементов искусственного интеллекта и масштабирование на другие регионы Кыргызстана, позволит повысить доступность и качество медицинской помощи при сахарном диабете.

#### **Список литературы**

1. Maida E., Caruso P., Bonavita S., et al. Digital Health in Diabetes Care: A Narrative Review from Monitoring to the Management of Systemic and Neurologic Complications // *Journal of Clinical Medicine*. — 2025. — Vol. 14, № 12. — Режим доступа: <https://library.nih.gov>
2. Торуз Ы. Влияние мобильного приложения, разработанного для взрослых с риском развития диабета, на соблюдение плана средиземноморской диеты, физическую активность и метаболические параметры: протокол исследования // *ICHGCP*. — 2025. — Режим доступа: <https://ichgcp.net/ru/clinical-trials-registry/NCT05592288>
3. Quality, functionality, and features of a newly developed smartphone app for diabetes: A comparative analysis using Mobile App Rating Scale // *Digital Health*. — 2025. — Vol. 11. — Режим доступа: <https://scholar-cnki-net-443.webvpn.imac.edu.cn>
4. Дозалиев А.А., Алымкулов А.Т., Атыканов А.О. Телемедицина в акушерстве и гинекологии Кыргызской Республики (обзор литературы)
5. Abdrakhmanova Z., Demessinov T., Japarova K., et al. Predictive modeling of telemedicine implementation in central Asia using neural networks.

**Г.Т. Арыстанбекова, К.Д. Дуйшоков**  
И. Раззаков ат. КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**G.T. Arystanbekova, K.D. Duishokov**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
guka04248@gmail.com kairatbekd@kstu.kg

## **ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ФИНАНСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

### **МАШИНА ҮЙРӨНҮҮ ЫКМАЛАРЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН ВЕБ-НЕГИЗДЕЛГЕН ЖЕКЕ КАРЖЫНЫ ЭСЕПКЕ АЛУУ ЖАНА БОЛЖОЛДОО СИСТЕМАСЫ**

### **WEB-BASED PERSONAL FINANCE ACCOUNTING AND FORECASTING SYSTEM USING MACHINE LEARNING METHODS**

*В статье представлена разработка веб-ориентированной системы персональных финансов, предназначенной для учёта доходов, расходов и накоплений пользователя, а также для прогнозирования будущих финансовых показателей. Рассматриваются архитектура программного решения, структура базы данных и алгоритм прогнозирования расходов на основе анализа временных рядов. В системе реализован модуль формирования прогнозных значений с учётом неопределённости пользовательского финансового поведения, что позволяет получать ожидаемые, минимальные и максимальные значения расходов на заданный период. Полученные результаты подтверждают практическую целесообразность применения методов машинного обучения в задачах персонального финансового планирования.*

**Ключевые слова:** веб-приложение, персональные финансы, прогнозирование расходов, анализ временных рядов, машинное обучение, информационная система.

*Макалада колдонуучунун кирешелерин, чыгашаларын жана топтоолорун эсепке алууга, ошондой эле келечектеги финансылык көрсөткүчтөрдү божомолдоого арналган веб-багытталган персоналдык финансы системасын иштеп чыгуу каралат. Системанын архитектурасы, маалыматтар базасынын түзүлүшү жана убакыт катарларын талдоого негизделген чыгашаларды божомолдоо алгоритми сүрөттөлөт. Ишке ашырылган ыкма персоналдык финансы пландаштырууда колдонууга ылайыктуулугун көрсөтөт.*

**Түйүндүү сөздөр:** веб-тиркеме, персоналдык финансы, чыгашаларды божомолдоо, убакыт катарлары, машиналык окутуу, маалыматтык система.

*The article presents the development of a web-based personal finance system designed for accounting income, expenses and savings, as well as forecasting future financial indicators. The system architecture, database structure and a time series-based expense forecasting algorithm are described. The implemented approach allows forming expected, minimum and maximum expense values, which increases the practical usefulness of the system for personal financial planning.*

**Key words:** web application, personal finance, expense forecasting, time series analysis, machine learning, information system.

**Введение.** В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к цифровым инструментам управления персональными финансами. Современные пользователи всё чаще используют веб-приложения для контроля доходов и расходов, однако большинство существующих решений ограничивается функциями хранения и визуализации данных. Отсутствие аналитических и прогнозных возможностей снижает эффективность таких систем при долгосрочном финансовом планировании.

Применение методов машинного обучения и анализа временных рядов позволяет повысить интеллектуальный уровень веб-систем персональных финансов. Прогнозирование будущих расходов на основе исторических данных даёт пользователю возможность заранее оценивать финансовую нагрузку, корректировать стратегию накоплений и принимать более обоснованные решения. В связи с этим разработка веб-ориентированной системы, сочетающей учёт и прогнозирование финансовых показателей, является актуальной научно-практической задачей.

Дополнительной особенностью задач персонального финансового планирования является высокая степень индивидуальности данных. Финансовое поведение пользователей может существенно отличаться по структуре доходов, регулярности расходов и приоритетам потребления. В связи с этим применение универсальных моделей без учёта персональных особенностей часто приводит к снижению точности аналитических и прогнозных оценок.

Использование персонализированных моделей машинного обучения позволяет учитывать индивидуальные финансовые привычки пользователя и адаптировать алгоритмы прогнозирования под конкретный набор данных. Такой подход повышает точность прогнозов и делает результаты более интерпретируемыми с практической точки зрения, что особенно важно при долгосрочном финансовом планировании.

**Цель исследования.** Целью данного исследования является разработка и исследование веб-ориентированной системы учёта и прогнозирования персональных финансов с использованием методов машинного обучения и анализа временных рядов.

**Анализ существующих решений в области персональных финансов.** В настоящее время на рынке представлено значительное количество цифровых инструментов для учёта персональных финансов, включая мобильные приложения, веб-сервисы и встроенные банковские системы. Большинство подобных решений ориентировано на фиксацию и визуализацию финансовых операций пользователя, предоставляя диаграммы расходов, категории трат и базовую статистику за выбранный период. Такие системы упрощают контроль текущего финансового состояния, однако, как правило, не поддерживают интеллектуальный анализ данных.

Существенным ограничением большинства существующих решений является отсутствие механизмов прогнозирования будущих финансовых показателей. Пользователь вынужден самостоятельно интерпретировать исторические данные и принимать решения без учёта возможных сценариев развития финансовой ситуации. Кроме того, банковские приложения обычно не позволяют объединять данные из разных источников и не учитывают индивидуальные особенности финансового поведения пользователя.

В отличие от существующих аналогов, разрабатываемая веб-ориентированная система ориентирована не только на учёт доходов и расходов, но и на интеллектуальное прогнозирование будущих финансовых показателей. Использование методов анализа временных рядов и машинного обучения позволяет формировать персонализированные прогнозы расходов, учитывающие историческую динамику данных и вариативность пользовательского поведения.

**Материалы и методы исследования.** В рамках данной работы особое внимание уделено использованию методов глубокого обучения при прогнозировании финансовых расходов пользователя. Глубокое обучение представляет собой направление машинного

обучения, основанное на применении многослойных нейронных сетей, способных выявлять скрытые закономерности в больших объёмах данных. В отличие от классических статистических методов, модели глубокого обучения обладают высокой гибкостью и лучше адаптируются к нелинейному и нестационарному характеру временных рядов финансовых данных.

Разрабатываемая система реализована в виде веб-приложения с архитектурой клиент–сервер. Серверная часть построена на платформе Node.js с использованием фреймворка Express, что обеспечивает обработку пользовательских запросов, реализацию бизнес-логики и взаимодействие с базой данных. Для хранения данных применяется система управления базами данных MySQL.

Клиентская часть системы реализована в виде веб-интерфейса, обеспечивающего ввод финансовых данных, визуализацию статистики и отображение результатов прогнозирования. Для взаимодействия между клиентом и сервером используется REST-ориентированный API, что обеспечивает модульность и масштабируемость программного решения.

Разделение системы на независимые компоненты упрощает сопровождение и расширение функциональности, в том числе внедрение дополнительных аналитических модулей и моделей машинного обучения. Такая архитектура позволяет использовать систему как основу для дальнейших научных и прикладных исследований в области интеллектуальных финансовых сервисов.

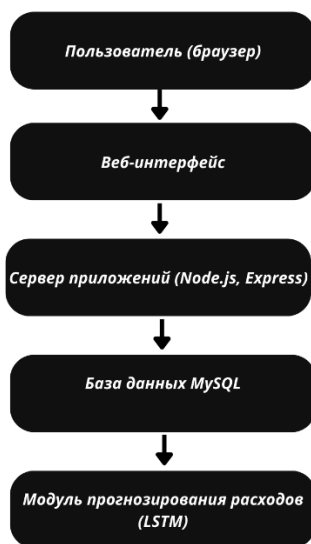


Рисунок 1 – Архитектура веб-ориентированной системы персональных финансов

Основным объектом хранения является финансовая транзакция, включающая дату операции, тип операции (доход, расход, накопление) и денежную сумму. Для каждого пользователя формируется индивидуальная история финансовых операций, что позволяет проводить персонализированный анализ данных. Безопасность доступа к данным обеспечивается за счёт применения механизма аутентификации и авторизации на основе токенов.

Для прогнозирования расходов в системе применяется метод глубокого обучения, основанный на анализе временных рядов. В качестве базовой модели использована рекуррентная нейронная сеть, предназначенная для обработки последовательных данных. Рекуррентные нейронные сети способны учитывать зависимость текущих значений

временного ряда от предыдущих наблюдений, что особенно важно при анализе финансовых операций пользователя. На первом этапе осуществляется агрегация данных по дням, после чего формируется временной ряд значений расходов пользователя. Далее вычисляются основные статистические характеристики ряда, включая среднее значение, тенденцию изменения и диапазон отклонений.

В качестве конкретного метода глубокого обучения в работе использован подход, основанный на рекуррентных нейронных сетях типа LSTM (Long Short-Term Memory). Данный тип нейронных сетей позволяет эффективно учитывать долгосрочные зависимости во временных рядах и снижать влияние шума в данных.

Принцип работы модуля прогнозирования основан на последовательном анализе исторических данных пользователя. Финансовые операции агрегируются по временным интервалам, после чего формируется упорядоченный временной ряд значений расходов. Для повышения устойчивости модели к выбросам и нерегулярным тратам применяется предварительная нормализация данных и сглаживание временного ряда.

Модель прогнозирования обучается на исторических данных конкретного пользователя, что позволяет учитывать индивидуальные особенности финансового поведения. В процессе обучения рекуррентная нейронная сеть анализирует зависимости между предыдущими значениями расходов и формирует прогноз на заданный горизонт. Использование архитектуры LSTM обеспечивает сохранение долгосрочных зависимостей во временном ряду и снижает влияние случайных колебаний данных.

Качество прогнозирования напрямую зависит от объёма и полноты исходных данных. На начальных этапах использования системы, при ограниченной истории финансовых операций, прогноз носит ориентировочный характер и отражает общую тенденцию расходов. По мере накопления данных модель получает больше информации о финансовых привычках пользователя, что позволяет уточнять прогнозные оценки и повышать их достоверность.

Таким образом, система обладает свойством адаптивного обучения: чем дольше пользователь взаимодействует с приложением и фиксирует финансовые операции, тем более точными и персонализированными становятся результаты прогнозирования. Данный подход соответствует концепции самообучающихся интеллектуальных систем и повышает практическую ценность разработанного решения.

Для повышения интерпретируемости результатов прогнозирования в системе предусмотрено разделение вычислительного процесса на этапы предварительной обработки данных, формирования признаков и генерации прогнозных значений. Такой подход позволяет контролировать корректность входных данных и снижает влияние шумовых факторов, характерных для персональных финансовых временных рядов.

Кроме того, модуль прогнозирования реализован таким образом, что допускает повторное обучение модели по мере поступления новых данных. Это обеспечивает постепенную адаптацию алгоритма к изменяющемуся финансовому поведению пользователя и повышает устойчивость прогнозных оценок при длительном использовании системы.

Алгоритм прогнозирования предусматривает формирование трёх сценариев. Ожидаемый сценарий отражает наиболее вероятное значение расходов, минимальный сценарий соответствует сниженной активности трат, а максимальный сценарий учитывает возможные пиковые расходы. Такой подход позволяет учитывать вариативность пользовательского поведения и формировать интервальные прогнозные оценки. Архитектура системы допускает дальнейшее расширение за счёт внедрения рекуррентных нейронных сетей, таких как LSTM или GRU, без изменения общей структуры приложения.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В результате проведённой работы была разработана веб-ориентированная система, обеспечивающая учёт персональных финансов и

прогнозирование расходов на заданный период. Реализованный модуль прогнозирования позволяет пользователю задавать горизонт прогноза и получать результаты в виде графического и табличного представления.

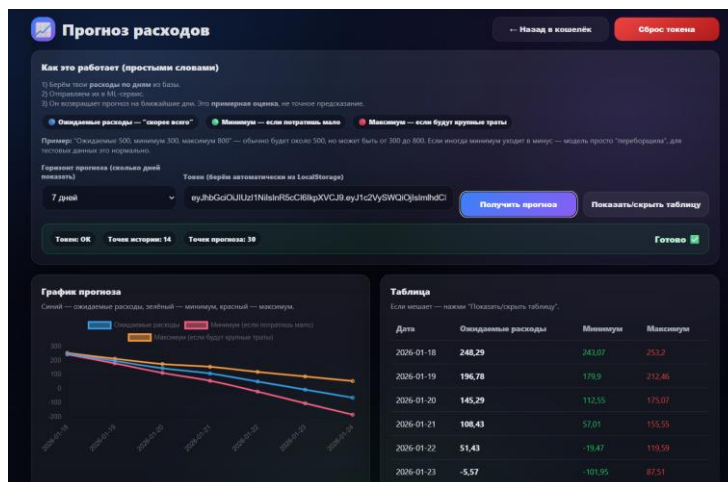


Рисунок 2 – Интерфейс модуля прогнозирования расходов пользователя

На рисунке 2 представлен интерфейс модуля прогнозирования расходов пользователя, реализованного в рамках разработанной веб-ориентированной системы персональных финансов. Модуль позволяет формировать прогноз расходов на заданный период и отображает результаты в виде графического и табличного представления, включающего ожидаемые, минимальные и максимальные значения.

Полученные прогнозные значения позволяют пользователю оценивать различные сценарии финансового поведения. Ожидаемое значение расходов отражает наиболее вероятный уровень затрат, в то время как минимальные и максимальные значения характеризуют возможные отклонения от среднего сценария. Такой подход обеспечивает более детальный анализ будущих расходов и повышает информативность прогнозирования.

Следует отметить, что точность прогнозирования напрямую зависит от объёма и качества исходных данных. При наличии короткой истории расходов результаты прогноза могут носить ориентировочный характер. Однако по мере накопления данных модель демонстрирует более устойчивые и интерпретируемые результаты, что повышает практическую ценность разработанной системы.

Анализ представленных данных показывает, что использование временных рядов исторических расходов позволяет формировать наглядные и интерпретируемые прогнозные оценки. Представление результатов в нескольких сценариях обеспечивает более детальный анализ возможных вариантов финансового поведения пользователя и повышает информативность модуля прогнозирования.

Разработанная веб-ориентированная система может быть использована в качестве основы для дальнейших исследований в области интеллектуальных систем персональных финансов. Перспективы развития связаны с расширением функциональных возможностей прогнозирования и внедрением более сложных моделей глубокого обучения.

Практическое использование модуля прогнозирования позволяет пользователю не только анализировать будущие расходы, но и оценивать влияние различных сценариев финансового поведения. Например, сравнение ожидаемого и максимального сценариев даёт возможность заранее выявить потенциальные риски перерасхода средств и скорректировать структуру бюджета.

Интервальное представление прогнозных значений повышает информативность системы по сравнению с точечными оценками, поскольку отражает неопределённость, присущую финансовому поведению человека. Это делает разработанное решение более адаптированным к реальным условиям использования и повышает его практическую значимость.

**Ограничения и допущения модели.** Следует отметить, что разработанный алгоритм прогнозирования основан на анализе исторических данных пользователя и не учитывает внешние факторы, такие как инфляция, изменение уровня доходов или форс-мажорные обстоятельства. Нерегулярные и разовые крупные расходы могут оказывать влияние на точность прогнозирования, особенно при небольшом объёме обучающей выборки.

Тем не менее, по мере накопления данных влияние подобных факторов снижается, а модель демонстрирует более устойчивые и интерпретируемые результаты. Указанные ограничения не снижают практическую значимость системы, но определяют направления для её дальнейшего развития.

**Выводы.** В ходе исследования разработана веб-ориентированная система учёта и прогнозирования персональных финансов, основанная на применении методов анализа временных рядов и машинного обучения. Реализованная система обеспечивает автоматизированный анализ финансовых данных пользователя и формирование прогнозных оценок расходов с учётом неопределённости.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного решения для повышения эффективности персонального финансового планирования. Перспективы дальнейших исследований связаны с внедрением нейросетевых моделей прогнозирования и расширением аналитического функционала системы.

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования веб-ориентированных интеллектуальных систем в задачах персонального финансового планирования. Интеграция методов анализа временных рядов и машинного обучения в прикладные веб-приложения позволяет перейти от пассивного учёта данных к активной поддержке принятия решений пользователем.

Разработанный подход может быть адаптирован для различных категорий пользователей и масштабирован для анализа агрегированных финансовых данных. Это открывает возможности применения предложенного решения не только в персональных, но и в корпоративных финансовых информационных системах.

### Список литературы

1. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. – Melbourne: OTexts, 2021.
2. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2016.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.
4. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2019.
5. Witten I.H., Frank E., Hall M.A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. – Morgan Kaufmann, 2017.

УДК 625.1, 551.312.22

**А. Жапаркулов, Т. Саяк уулу, Д.Б. Мусаев, Ш. Таалайбек уулу, Э.Ж.Осукеев**  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**A. Zhaparkulov, T.Sayak uulu, D.B. Musaev, Sh. Taalaibek uulu, E.J.Osukeev**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
zaparkulovabdurahman804@gmail.com

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КЫРГЫЗСТАНА НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

### КЫРГЫЗСТАНДЫН КЛИМАТТЫК ШАРТТАРЫНЫН ЖОЛ ЖАБЫЛЫШТАРЫН ПАЙДАЛАНУУГА ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

#### INFLUENCE OF THE CLIMATIC CONDITIONS OF KYRGYZSTAN ON THE PERFORMANCE OF ROAD PAVEMENTS

*Бул макалада Кыргыз Республикасынын климаттык шарттарынын — суткалык жана сезондук температуранын кескин өзгөрүшүнүн, жогорку нымдуулуктун, жаан-чачындын көлөмүнүн, күн радиациясынын, тоолуу рельефтин жана тоңуу–эрүү циклдериинин интенсивдүүлүгүнүн — асфальт-бетон жол жабууларын пайдалануу көрсөткүчтөрүнө тийгизген таасири каралат. Жабуунун бузулуу себептерине талдоо жүргүзүлүп, анын узак мөөнөттүү кызмат өтөөсүн жогорулатууга багытталган инженердик сунуштар иштелип чыккан.*

*Изилдөө СНиП 2.05.02-85 [1], СНиП 3.06.03-85 [2], ГОСТ 9128-2013 [3], ошондой эле СНиП КР 32-01:2016 [4], нормативдик документтеринин талаптарына ылайык жүргүзүлдү.*

*Изилдөөнүн максаты – климаттык факторлордун жол жабууларынын узак кызмат кылуусуна тийгизген таасирин аныктоо жана Кыргызстандын автомобил жолдорунун климаттык жүктөмдөргө туруктуулугун жогорулатууга багытталган сунуштарды иштеп чыгуу.*

*Максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттер коюлду:*

- 1. Кыргызстандын аймактарынын климаттык өзгөчөлүктөрүнө талдоо жүргүзүү.*
- 2. Температуранын өзгөрүшүнүн асфальт-бетон катмарларындагы термиялык чыңалууларга тийгизген таасирин баалоо.*
- 3. Тоңуу–эрүү процесстеринин жол жабууларынын бузулушуна тийгизген таасирин изилдөө.*
- 4. Климаттык жагынан ыңгайсыз аймактардагы жабуунун бузулуу түрлөрүн талдоо.*
- 5. Жол конструкцияларынын узак кызмат мөөнөтүн жогорулатуу боюнча инженердик-техникалык иш-чараларды иштеп чыгуу.*

*Түйүндүү сөздөр:* автоунаа жолу, асфальтобетон, климат, нымдуулук, температура, тоң-эрүү циклы, бузулуу, эксплуатациялык абал.

*В данной статье рассматривается влияние климатических условий Кыргызской Республики — резких суточных и сезонных температурных колебаний, повышенной*

влажности, количества осадков, солнечной радиации, горного рельефа и интенсивных циклов замерзания–оттаивания — на эксплуатационные характеристики асфальтобетонных дорожных покрытий. Проведен анализ причин разрушения покрытия и сформулированы инженерные рекомендации по повышению его долговечности.

Исследование выполнено в соответствии с требованиями нормативных документов СНиП 2.05.02-85 [1], СНиП 3.06.03-85 [2], ГОСТ 9128-2013 [3], а также СНиП КР 32-01:2016 [4].

Цель исследования – определить влияние климатических факторов на долговечность дорожных покрытий и разработать рекомендации, направленные на повышение устойчивости автомобильных дорог Кыргызстана к климатическим нагрузкам.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Провести анализ климатических особенностей регионов Кыргызстана.
2. Оценить влияние температурных колебаний на термические напряжения в асфальтобетонных слоях.
3. Изучить влияние процессов замерзания–оттаивания на разрушение дорожных покрытий.
4. Проанализировать типы повреждений покрытия в климатически неблагоприятных зонах.
5. Разработать инженерно-технические мероприятия по повышению долговечности дорожных конструкций.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога [8], асфальтобетон, климат, температура, влажность, замерзание–оттаивание, разрушение, эксплуатационное состояние.

*This article examines the influence of the climatic conditions of the Kyrgyz Republic — sharp daily and seasonal temperature fluctuations, high humidity, significant precipitation, solar radiation, mountainous terrain, and intensive freeze–thaw cycles — on the operational performance of asphalt-concrete road pavements. The causes of pavement deterioration are analyzed, and engineering solutions aimed at improving durability are proposed.*

*The study was conducted in accordance with the Building Codes and Regulations (BCR) 2.05.02-85 [1], BCR 3.06.03-85 [2], GOST 9128-2013 [3], and BCR KR 32-01:2016 [4].*

*The purpose of the study is to determine the impact of climatic factors on the durability and degradation mechanisms of road pavements in Kyrgyzstan.*

*The following tasks were addressed:*

1. Analysis of the climatic characteristics of the regions of Kyrgyzstan;
2. Assessment of the influence of temperature fluctuations on thermal stresses in asphalt concrete layers;
3. Study of freeze–thaw effects on pavement structure;
4. Identification of common pavement failure types in severe climatic zones;
5. Development of engineering measures to improve pavement durability.

**Key words:** highway, asphalt concrete, climate, humidity, temperature, freeze–thaw cycle, deterioration, pavement performance.

**Общие сведения.** Климат Кыргызстана характеризуется резкой континентальностью: температура воздуха колеблется от  $-35$  °С зимой до  $+45$  °С летом. Суточные перепады температуры могут достигать  $25-30$  °С, что оказывает значительное воздействие на асфальтобетонное покрытие [6].

Большая часть территории представляет собой горные районы, где ежегодно фиксируется до 120 циклов замерзания–оттаивания, что значительно превышает нормативные значения для стандартных дорожных конструкций [2].

Согласно данным Кыргызгидромета [6], климатические зоны страны относятся к повышенной категории риска разрушений дорожных конструкций, что требует соответствующей адаптации материалов и технологий строительства.

Влияние климатических факторов на дорожные покрытия.

### 1. Температурные напряжения

Резкие колебания температуры вызывают термическое расширение и сжатие асфальтобетона. Это приводит к:

продольным и поперечным трещинам;

сеточным (крокодильим) трещинам;

сдвиговым деформациям;

ускоренному старению битума (по ГОСТ 9128-2013) [3].

### 2. Циклы замерзания–оттаивания

Замерзшая вода увеличивает объём на 9%, вызывая внутренние разрушения структуры покрытия. Систематическое повторение цикла приводит к появлению выбоин и проломов.

Таблица 1 - Количество циклов замерзания–оттаивания по регионам Кыргызстана

Регион	Среднее количество циклов	Уровень риска
Нарын	110–120	Очень высокий
Ысык-Куль	85–100	Высокий
Чуй	60–75	Средний
Ош/Джалал-Абад	45–65	Средний
Баткен	30–40	Низкий

Источник: Кыргызгидромет, 2023 [6].

### 3. Влажность и осадки

Повышенная влажность приводит к:

проникновению воды в верхние и нижние слои покрытия;

потере сцепления между слоями дорожной одежды;

ускоренному разрушению основания;

образованию колеиности.

В южных областях (Ош, Жалал-Абад) доля “влажностных разрушений” достигает 35–50%.

### 4. Ультрафиолетовое излучение

Интенсивная солнечная радиация вызывает окисление битума, приводя к его хрупкости.

Исследования показывают снижение эластичности битума на 20–25% за 3–5 лет эксплуатации [7].

## Графики (текстовые иллюстрации).

График 1 - Зависимость хрупкости асфальтобетона от температуры

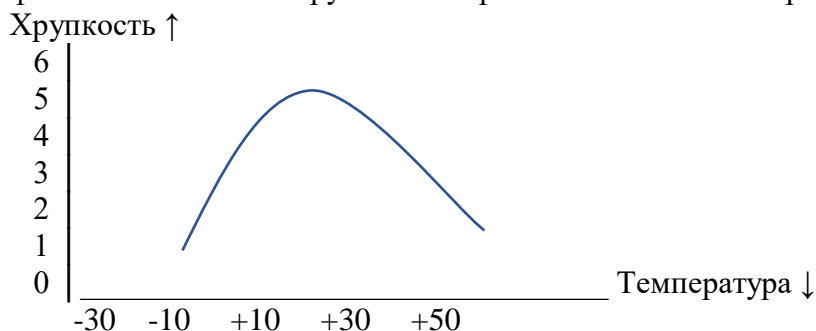
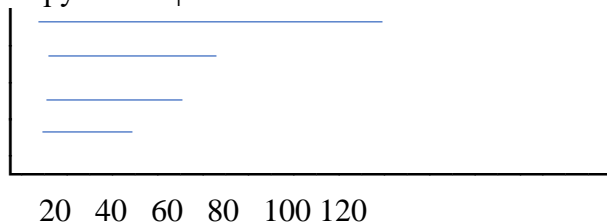


График 2 - Влияние количества циклов заморзания–оттаивания на разрушение покрытия

Разрушение ↑



### Результаты и обсуждение.

Результаты анализа показали:

1. Температурные деформации – основной фактор возникновения продольных и поперечных трещин.
2. Разрушения, вызванные заморзанием–оттаиванием, составляют до 57% всех дефектов покрытия [2].
3. Уровень влажности основания влияет на разрушение покрытия от 12% до 40% в зависимости от региона.
4. Ультрафиолет ускоряет старение битума, повышая вероятность образования трещин в 1,4–1,8 раза.

### Рекомендации.

1. Применение климатически стойких битумов БНД 70/100, ПБВ 45 [3].
2. Использование геосинтетических материалов (георешеток, геотекстиля) для усиления основания.
3. Устройство эффективной дренажной системы согласно СНиП 2.05.02-85 [1].
4. Введение температурных швов на участках с экстремальными перепадами температуры.
5. Увеличение толщины покрытия до 18–22 см в горных районах.
6. Применение щебёночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМА).
7. Классификация дорог по климатическим зонам (СНиП КР 32-01:2016) [4].

### Выводы.

1. Климатические условия Кыргызстана являются определяющим фактором разрушения дорожных покрытий.
2. Основные процессы разрушения связаны с резкими температурными колебаниями и циклами заморзания–оттаивания.
3. Вода играет ключевую роль в деградации покрытия, нарушая связь между слоями дорожной одежды.
4. Применение климатически адаптированных материалов способно повысить срок службы дороги в 1,5–2 раза.
5. Инженерные меры по адаптации покрытия к климату позволяют существенно повысить его эксплуатационную устойчивость.

### Список литературы

1. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги [Текст]. – М.: 1985.
2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги [Текст]. – М.: 1987.
3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные [Текст]. – М.: 2014.
4. СНиП КР 32-01:2016. Автомобильные дороги [Текст]. – Бишкек: 2016.
5. Рекомендации по проектированию дорожных одежд в сложных климатических условиях [Текст]. – М.: 2018.
6. Кыргызгидромет. Климат Кыргызстана – Бишкек: 2023 [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://meteo.kg> (дата обращения: 20.02.2026).

7. Исследование старения битума под воздействием УФ-излучения [Текст]. – М., 2019.

8. Апсеметов, М.Ч. Техническая экспертиза металлического моста сарм на автомобильной дороге Конкино – Жети-Огуз – Телти [Текст] / М.Ч. Апсеметов, Н. Курманбек уулу, Т.Ж. Жыргалбеков, А.М. Калыков, Б. Мамыр уулу, Т.У. Азыгалиев // Известия КГТУ. - Бишкек:2025.-№1(73). С.208-212.

**УДК 624.21**

**А. Жапаркулов, Т.Саяк уулу, Д.Б. Мусаев, Ш. Таалайбек уулу, Э.Ж.Осукеев**  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**A. Zhaparkulov, T.Sayak uulu, D.B. Musaev, Sh. Taalaibek uulu, E.J.Osukeev**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
zaparkulovabdurahman804@gmail.com

### **ДЕРЕВО ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕЙСМОСТОЙКИХ МОСТОВ В ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **ЫСЫК-КӨЛ ОБЛУСУНДА ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУ КӨПҮРӨЛӨРДҮ КУРУУДА КОЛДОНУЛУУЧУ ЖЫГАЧ МАТЕРИАЛДАРЫ**

### **WOOD FOR CONSTRUCTING EARTHQUAKE-RESISTANT BRIDGES IN THE ISSYK-KUL REGION**

*Бул макалада И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин "Автомобил жана темир жолдор, көпүрөлөр жана транспорттук тоннелдер" кафедрасынын окутуучулары тарабынан аткарылган Ысык-Көл областындагы тоолу жерде курулган устундуу жыгач сейсмотуруктуу көпүрөнүн конструкциясы берилген.*

*Азыркы мезгилде, темир-бетон көпүрөлөрдүн кеңири жайылышына карабастан, жергиликтүү жана айылдык жолдордогу токойлуу бай аймактарда жыгач көпүрөлөр максатка ылайыктуу болушу мүмкүн. Ошол эле учурда, заманбап көпүрөлөрдү куруу үчүн жыгачты колдонуп, аларды жасоону индустриялаштырууга жана монтаждоону механикалаштырууга мүмкүндүк берген структураларды түзүү керек.*

**Түйүндүү сөздөр:** *автомобил жолу, устундуу жыгач көпүрө, сейсмотуруктуу, тоолу аймак, жүктөө жөндөмдүүлүгү.*

*В этой статье представлена конструкция деревянного сейсмостойкого балочного моста, построенного в горной местности Исык-Кульской области, выполненная преподавателями кафедры "Автомобильные и железные дороги, мосты и транспортные тоннели" Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова.*

*В настоящий период времени, несмотря на широкое распространение железобетонных мостов, в богатых лесом районах на местных и сельских дорогах деревянные мосты могут оказаться целесообразными.*

*При этом, используя дерево для строительства современных мостов, необходимо создавать конструкции, позволяющие индустриализировать их изготовление и механизировать сборку.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога [7], деревянный балочный мост, сейсмостойкий, горные местности, грузоподъемность.

*This article presents the construction of a wooden earthquake-resistant girder bridge built in the mountainous area of the Issyk-Kul region, made by teachers of the Department of Roads and Railways, Bridges and Transport Tunnels of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov.*

*At this time, despite the widespread use of reinforced concrete bridges, wooden bridges may be appropriate in forest-rich areas on local and rural roads. However, when using wood for the construction of modern bridges, it is necessary to create designs that allow for the industrialization of their production and the mechanization of their assembly.*

**Key words:** highway, wooden beam bridge, earthquake-resistant, mountainous terrain, load capacity.

### **Введение.**

Деревом издавна пользуются для строительства мостов. В древней Руси, богатой лесами, искусство строительства деревянных мостов было развито высоко.

В начале 19 века появились первые железные дороги. Так как они пересекали ряд крупных рек, где требовалось устройство мостов на высоких опорах с большими пролетами, возникла необходимость в новых системах балочных пролетных строений. Одна из таких систем была предложена в США архитектором Тауном в 1820 году. Пролетные строения Тауна имели многорешетчатые фермы из досок с соединениями на деревянных нагелях.

Другая система была предложена тоже в США в 40-х годах 19 века инженером Гау. Фермы этой системы имели элементы из брусьев, и только стойки были из металлических тяжей. Фермы Гау были изучены выдающимся русским инженером Д.И.Журавским (1821-1891 гг.), который внес в их конструкцию ряд улучшений, разработал метод расчета и применил для строительства крупных деревянных мостов [1].

Кроме того, надо принимать меры для увеличения срока службы строящихся и эксплуатируемых деревянных мостов, надежно предохраняя их от загнивания.

В последние годы начинают строить деревянные мосты из клееных элементов, изготавливаемых на специализированных заводах.

Дерево представляет собой хороший строительный материал, отличающийся малым средним удельным весом, легкостью обработки, относительно высокой прочностью. Основной недостаток дерева как строительного материала - опасность его загнивания, особенно в условиях попеременного увлажнения и высыхания.

Для деревянных мостов применяют хвойный и лиственный лес. Как материал лучше хвойный лес, имеющий прямые и ровные стволы, менее сучковатый, с более мягкой, смолистой и упругой древесиной. Из хвойных пород чаще всего употребляются сосна, ель, лиственница, кедр и пихта, лиственных пород - дуб, бук, ясень. В природных условиях ствол дерева работает на сжатие с продольным изгибом, а также на поперечный изгиб. Поэтому лесоматериал наиболее приспособлен к этим видам силовых воздействий и лучше всего несет их при работе в конструкциях. Дерево имеет неоднородное строение. По толщине ствола наименьшую прочность имеет сердцевинная часть; ближе заболони прочность древесины возрастает.

По длине ствол дерева имеет каноническую форму с естественным сбегом от толстого конца (комля) к тонкому (отруб). Сбег в среднем составляет около 1 %. При использовании для элементов конструкции бревен с естественной конечностью в них сохраняется наиболее прочная и устойчивая против загнивания наружная часть древесины.

Если бревно обработать, придав ему цилиндрическую форму, то значительная часть наиболее прочной и стойкой заболонной древесины удаляется и, кроме того, перерезается большая часть волокон дерева, направленных по коническим образующим. В большей степени ослабляется древесина при распиловке бревен на брусья или доски. Поэтому

желательно сохранять естественную конечность круглого леса. Цилиндрический лес, кроме того, требует трудоемкой ручной обработки.

Используя в мостах пиленый лес, лишенный наиболее прочных и стойких слоев древесины, надо обращать особое внимание на защиту конструкций от загнивания.

Механические качества дерева проверяют испытанием деревянных призм на сжатие и брусочков на поперечный изгиб.

Для мостов требуется древесина с влажностью не более 25 %, называемая полусухой. Влажность пиломатериалов не должна превышать 20 %. Для дощатых ферм и мелких деталей конструкции нужно применять лес с влажностью не более 15 % (воздушносухой).

Для деревянных клееных конструкций мостов используются синтетические клеи, стойкие против атмосферных влияний. Обычно пользуются клеем из фенолформальдегидной смолы и специального отвердителя. Могут быть также использованы и другие клеи, основанные на резорциновой, эпоксидной, полиамидной и других смолах. При твердении клеевые соединения конструкции подвергаются обжатию. Твердение происходит тем быстрее, чем выше температура.

Для клееных конструкций применяют пиленый лес, с влажностью не 15 % и толщиной не более 4-5 см. Поверхности, подлежащие склеиванию, нужно тщательно острогать.

Мосты из хорошего лесоматериала, обработанного антисептиком против загнивания, при хорошем надзоре исправно служат до 25-30 лет. Срок службы неантисептированных деревянных мостов в среднем составляет только 12-15 лет.

Ответственные металлические элементы деревянных мостов изготавливают из углеродистой мартовской горячекатаной стали. Нерабочие конструктивные металлические элементами и крепления могут быть изготовлены из стали более низких марок.

Для изгибаемых брусев и бревен в расчетном сечении вырубке, расчетные сопротивления умножают на коэффициенты 0,85 и 0,9, а для сечений растянутых элементов, имеющих врезки, умножают на коэффициент 0,8. Для элементов, изготовленных из других пород дерева, расчетные сопротивления умножают на специальные переходные коэффициенты.

В Кыргызской Республике деревянные мосты применяются в основном в горных районах, где имеется большой запас лесных материалов.

В работе предложена конструкция деревянного балочного моста, который построен в Иссык-Кульской области с участием авторов.

#### **Климатическая характеристика района.**

Климатические условия Иссык-Кульской котловины формируются под влиянием атмосферной циркуляции, радиационного режима и других факторов, свойственных Северному Кыргызстану. Замкнутость в орографическом отношении, наличие обширного озера на дне котловины являются причиной существенных особенностей общих климатических условий. Одна из этих особенностей - засушливость западной части котловины: около г. Балыкчи слой многолетнего среднего количества атмосферных осадков - 115 мм, а наиболее влажные годы - 249 (1955), в годы очень малого выпадения осадков 40-60 мм. В то же время восточная часть котловины относительно влажная.

Как пример, указанных особенной климата, может быть распределение температуры воздуха по котловине. Среднее годовое значение температуры в Караколе +6<sup>°C</sup>, Балыкчи +7<sup>°C</sup>, Чолпон-Ата +7<sup>°C</sup>, Тамга +7,6<sup>°C</sup>, Теплоключенко +7,3<sup>°C</sup>. Такое высокое значение годовых температур на высоте 1608 м встречается редко. Зимние температуры в котловине также не столь низкие: в Балыкчи -4<sup>°C</sup>, Караколе - 7<sup>°C</sup>, Тамге -2,4<sup>°C</sup>, Теплоключенко -2,3<sup>°C</sup>, Чолпон-Ата -3,4<sup>°C</sup>. Зима не очень холодная сильные морозы почти не наблюдаются. Невысоки и летние температуры. Средняя температура июля колеблется в пределах 16-18<sup>°C</sup>. Летом очень жаркие дни на побережье озера наблюдаются редко.

Основным фактором, влияющим на распределение температуры воздуха, является рельеф, а именно - высота местности и степень замкнутости долин. В горной части бассейна с увеличением высоты местности температура воздуха понижается. Однако принято считать, что приблизительно до 2000 м абсолютной высоты среднегодовые температуры выше на 2-3 °С по сравнению с Северным Тянь-Шанем. Выше термические условия становятся одинаковыми по всему Тянь-Шаню.

Закономерности понижению температуры при общем поднятии местности часто нарушаются под влиянием форм рельефа, подстилающей поверхности и экспозиции склонов. Это является одним из условий образования температурных инверсий. На склонах Тескей Ала-Тоо градиенты температуры изменяются от -0,27 до 1,14 °С на 100 м в зимнее время и от 0,11 до 0,73 °С в летнее.

Переход температуры воздуха через -5 °С в горах находится в строгой зависимости от форм рельефа. На высоте 2000 м переход температуры воздуха через -5 °С весной отмечается прежде всего на плато (в конце февраля), затем на склонах (в первой декаде марта) и, наконец, в котловинах (во второй декаде марта). Переход температуры воздуха через -5 °С осенью происходит в обратной последовательности.

Устойчивый переход средних суточных температур через 0 °С весной дает представление о средних сроках наступления периода интенсивного снеготаяния, а осенью о сроках начала образования снежного покрова.

Краткая ориентировочная климатическая характеристика района работ приводится по ближайшей метеостанции “Тянь-Шань”:

1. По климатическому районированию территория изысканий входит в РКУ № IА согласно СНиП КР 23-02- 00 «Строительная климатология» [2].

2. Нормативная глубина сезонного оттаивания грунтов под открытой, оголенной от снега поверхностью горизонтальной площадки составляет 200см, но глубина сезонного оттаивания грунтов может изменяться в пределах ±0.3м из-за разной экспозиции склонов.

3. Скорость ветра, возможная 1 раз в 15 лет – 34м/с (IV ветровой район, СНиП КР 20-01-2003) [3].

4. Гололедная стенка на проводе 10мм и высоте 10м, возможная 1 раз в 15 лет с плотностью 0,9 г/см<sup>3</sup> – 21 мм (IV гололедный район, СНиП КР 20-01-2003) [3].

5. Температура воздуха: среднегодовая – минус 8°С, максимальная – плюс 25°С, минимальная – минус 45° С.

6. Снеговая нагрузка – 67 кг/м<sup>2</sup>.

#### **Конструкция сейсмостойкого деревянного балочного моста.**

Балочные мосты представляет собой наиболее простой по своей конструкции вид деревянных мостов, применяемый для перекрытия небольших пролетов.

Главными несущими элементами пролетных строений простейших балочных мостов служат балки-прогоны, перекрывающие пролет моста и поддерживающие проезжую часть моста с тротуарами и перилами. Опоры балочных мостов в большинстве случаев состоят из забитых в грунт свай, поверх которых укреплен поперечный элемент, называемый насадкой. На насадки своими концами опираются прогоны пролетных строений.

Категория грунтов II по сейсмическим свойствам СН 20-02:2024 КР [5, 6]. В нашем случае грунты не дают возможности забивки свай, и для строительства моста применялись ряжевые опоры. Ряжем называют деревянный сруб из бревен, имеющий стенки, днище и перегородки. Ряж устанавливают на предварительно выровненное дно реки и заполняют камнем. Каменное заполнение опоры моста необходимо для устойчивости ряжа и для предохранения его стенок от поломки при ударах об них льдин или других плавучих предметов во время ледохода и паводков [1].

Мост находится в Жетиогузском районе на юге от села Чонжаргылчак. От моста до села Чонжаргылчак 21 км. Построен новый мост длиной 9, шириной 5 м через реку Жаргылчак. По новому мосту теперь можно проезжать автомобильным транспортом. В

процессе строительства нанимались рабочие из ближнего села Чонжаргылчак. Строительством руководили авторы этой статьи.

Мост включает (см. рис.1) опоры, состоящие из поперечных 4 и продольных 5 бревен, заполненные крупными камнями 6. Сверху на опору опираются пролетные строения, состоящие из продольных балок 3 в количестве 8 штук. Продольные балки объединены поперечными досками 2, штырями и скобами. Высота моста 2,6 м.

После окончания строительства снимались действительные размеры моста по мерной ленте и аналитически проверялась грузоподъемность моста.

В результате получили, что мост выдержит подвижную нагрузку А8 [4]. Размеры бревен и балок показаны на рис. 1.

Строительство моста позволит местному населению сел Чонжаргылчак, Кичижаргылчак, Актерек, Чычкан и нижележащих сел заготавливать лесоматериалы. Они получают доступ к высокогорным районам для использования их в качестве пастбищ для скота, сбора лекарственных трав, ягод и др. Запас лесоматериалов на этом участке составляет 20134 м<sup>3</sup>.

При строительстве этого моста использована тянь-шаньская ель. Заготовка лесных материалов производилась Жетиогузским лесхозом, и они доставлялись на строительную площадку автотранспортом.

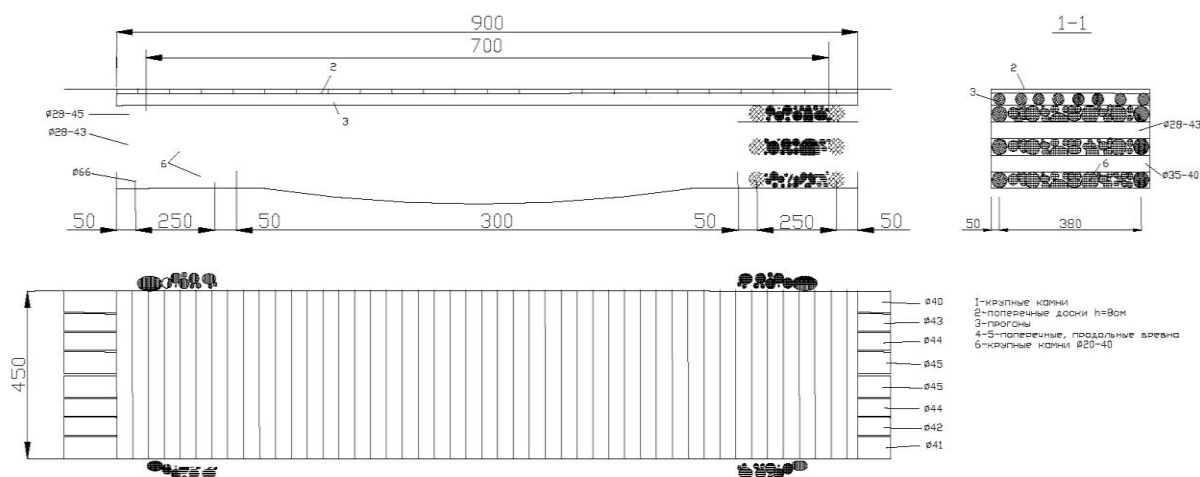


Рисунок 1 - Конструкция деревянного балочного моста через реку Жууку

### Список литературы

1. Гибшман, Е. Е. Мосты и сооружения на дорогах. Ч. I [Текст]. – М.: Транспорт, 1972. – С. 56–57.
2. СНиП 2.02.01–83\*. Основания зданий и сооружений [Текст]. – М.: 2006.
3. СНиП 2.05.03–84. Мосты и трубы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 45 с.
4. СНиП КР 20-01–2003. Нагрузки и воздействия от ветра и гололеда. – Бишкек: 2003.
5. СНиП КР 23-02–00. Строительная климатология. – Бишкек: 2000.
6. СН КР 20-02:2024. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. - Бишкек, 2024.
7. Апсеметов, М.Ч. Техническая экспертиза металлического моста сарм на автомобильной дороге Конкино – Жети-Огуз – Телти [Текст] / М.Ч. Апсеметов, Н. Курманбек уулу, Т.Ж. Жыргалбеков, А.М. Калыков, Б. Мамыр уулу, Т.У. Азыгалиев // Известия КГТУ. - Бишкек:2025.-№1(73). С.208-212.

**И.Э.Суюнтбеков, К.Т. Джунуспаев, Ж.Т. Керезбеков**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**I.E. Suyuntbekov, K.T.Dzhunuspaev, Zh.N. Kerezbekov**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
islam.suyuntbekov@kstu.kg , kuba3311@mail.ru, janar24k@gmail.com

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОРМОЗНЫЕ СВОЙСТВА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШАРТТАРЫНДА ТРАНСПОРТТУК-ТЕХНОЛОГИЯЛЫК МАШИНАЛАРДЫН ТОРМОЗДУК КАСИЕТТЕРИНЕ ТААСИР ЭТҮҮЧҮ ФАКТОРЛОРДУ ТАЛДОО**

### **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE BRAKING PERFORMANCE OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES UNDER OPERATING CONDITIONS**

*Макалада транспорттук-технологиялык машиналардын тормоздук касиеттерине реалдуу эксплуатация шарттарында таасир этүүчү факторлорго комплекстүү талдоо жүргүзүлгөн. Эксплуатациялык, табигый-климаттык жана конструктивдик факторлордун тормоздоо натыйжалуулугуна, машиналардын туруктуулугуна жана тормоздук аралыктын узундугуна тийгизген таасири каралган. Тоолуу аймактарда, борпоң жана тайгак жол жабууларында, жогорулатылган жүктөмдө жана температуранын кескин өзгөрүүсүндө иштөө илиниш коэффициентинин олуттуу төмөндөшүнө, тормоз системасынын элементтеринин ысып кетишине жана фрикциялык жуптардын тез эскиришине алып келери көрсөтүлгөн. Эксплуатация шарттарындагы машиналардын чыныгы тормоздук мүнөздөмөлөрү паспорттук көрсөткүчтөрдөн олуттуу айырмаланышы мүмкүн экени аныкталган. Транспорттук-технологиялык машиналардын тормоздук касиеттерин жогорулатуу боюнча иш-чараларды иштеп чыгууда аймактык жана эксплуатациялык өзгөчөлүктөрдү эске алуу зарылдыгы негизделген.*

**Түйүндүү сөздөр:** транспорттук-технологиялык машиналар, тормоздук касиеттер, тормоздук аралык, эксплуатация шарттары, илиниш коэффициенти, кыймыл коопсуздугу, ишенимдүүлүк.

*В статье выполнен комплексный анализ факторов, влияющих на тормозные свойства транспортно-технологических машин в реальных условиях эксплуатации. Рассмотрено воздействие эксплуатационных, природно-климатических и конструктивных факторов на эффективность торможения, устойчивость машин и величину тормозного пути. Показано, что работа в горной местности, на сыпучих и скользких покрытиях, при повышенных нагрузках и температурных перепадах приводит к существенному снижению коэффициента сцепления, перегреву элементов тормозной системы и ускоренному износу фрикционных пар. Установлено, что фактические тормозные характеристики машин в эксплуатации могут существенно отличаться от паспортных значений. Обоснована необходимость учета региональных и эксплуатационных особенностей при разработке мероприятий по повышению тормозных свойств транспортно-технологических машин.*

**Ключевые слова:** транспортно-технологические машины, тормозные свойства, тормозной путь, условия эксплуатации, коэффициент сцепления, безопасность движения, надежность [9].

*The article presents a comprehensive analysis of factors affecting the braking performance of transport and technological machines under real operating conditions. The influence of operational, climatic, and design factors on braking efficiency, vehicle stability, and braking distance is examined. It is shown that operation in mountainous areas, on loose and slippery surfaces, under increased loads and temperature fluctuations leads to a significant reduction in the coefficient of adhesion, overheating of brake system components, and accelerated wear of friction pairs. It is established that the actual braking characteristics of machines in operation may differ substantially from their rated values. The necessity of considering regional and operating conditions when developing measures to improve the braking performance of transport and technological machines is substantiated.*

**Key words:** *transport and technological machines, braking performance, braking distance, operating conditions, coefficient of adhesion, traffic safety, reliability.*

Транспортно-технологические машины широко применяются в строительстве, горнодобывающей промышленности, дорожном хозяйстве и коммунальной сфере. В отличие от дорожных транспортных средств, данные машины эксплуатируются в значительно более тяжелых условиях: на уплотненных и сыпучих грунтах, в карьерах, на уклонах, при высокой запыленности, а также в условиях резких температурных колебаний. Указанные особенности предъявляют повышенные требования к системам безопасности, в первую очередь – к тормозной системе.

Эффективность торможения определяет не только производительность, но и безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин. Недостаточные тормозные свойства приводят к увеличению тормозного пути, потере устойчивости на уклонах, росту аварийных ситуаций и повреждению техники. Практика эксплуатации показывает, что в реальных условиях тормозные характеристики машин существенно отличаются от расчетных и паспортных значений, что обусловлено влиянием совокупности внешних факторов: состояния опорной поверхности, рельефа местности, массы груза, температуры и технического состояния элементов тормозной системы.

Особенно актуальна данная проблема для регионов с горным рельефом и нестабильными климатическими условиями, где эксплуатация машин сопровождается частыми спусками, работой на рыхлых грунтах и значительными перегрузками. В этих условиях стандартные конструктивные решения и регламенты обслуживания не всегда обеспечивают требуемый уровень тормозной эффективности.

В связи с этим актуальной научно-практической задачей является выявление и систематизация факторов, влияющих на тормозные свойства транспортно-технологических машин, а также формирование теоретической основы для разработки мероприятий по их повышению с учетом реальных условий эксплуатации.

Транспортно-технологические машины занимают ключевое место в производственных процессах строительной, горнодобывающей и дорожной отраслей. Их эксплуатация связана с выполнением операций в условиях, характеризующихся повышенными динамическими нагрузками, сложным рельефом местности и нестабильными характеристиками опорной поверхности. В таких условиях особую значимость приобретает надежность систем активной безопасности, прежде всего тормозной системы.

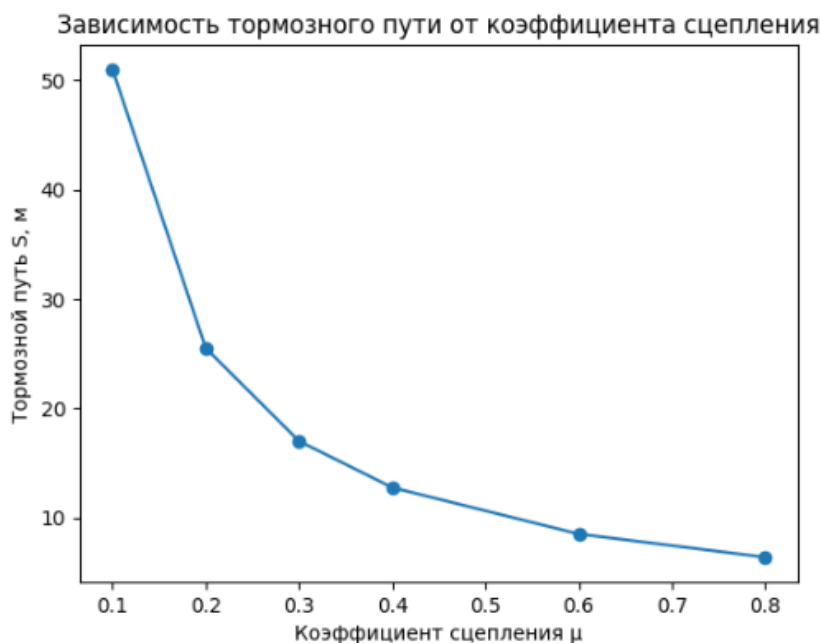
Тормозные свойства машины определяют ее способность быстро и безопасно снижать скорость или останавливаться в заданных условиях движения. Основными показателями тормозных свойств являются тормозной путь, замедление, время торможения и устойчивость при торможении. В нормативной документации и технических характеристиках данные параметры задаются для стандартных условий, которые, как правило, существенно отличаются от реальных условий эксплуатации транспортно-технологических машин.

Практика показывает, что при работе на грунтах, гравии, снегу и льду, а также на уклонах, фактический коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью может снижаться в несколько раз. Это приводит к резкому увеличению тормозного пути и росту

вероятности аварийных ситуаций. Дополнительное негативное влияние оказывают перегрузки, перегрев фрикционных элементов, износ тормозных механизмов и неравномерность распределения тормозных усилий.

В результате возникает противоречие между расчетными возможностями тормозной системы и реальными условиями ее функционирования. Для его устранения необходимо не только совершенствование конструкций тормозных систем, но и глубокое понимание факторов, формирующих тормозные свойства в эксплуатации.

Настоящая работа направлена на анализ эксплуатационных, природно-климатических и конструктивных факторов, влияющих на эффективность торможения транспортно-технологических машин. Полученные результаты создают научную основу для последующей разработки технических и организационных мероприятий, направленных на повышение тормозных свойств машин с учетом конкретных условий эксплуатации.



### 1. Показатели тормозных свойств

Тормозные свойства транспортно-технологических машин (ТТМ) характеризуются следующими основными параметрами:

- тормозной путь  $S_t$ ;
- среднее замедление  $a$ ;
- время торможения  $t$ ;
- устойчивость и управляемость при торможении;
- равномерность действия тормозных механизмов по осям.

Тормозной путь при экстренном торможении может быть определен выражением:

$$S_t = \frac{v_0^2}{2\mu g},$$

где

$v_0$  — начальная скорость, м/с;

$\mu$  — коэффициент сцепления колёс с опорной поверхностью;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Из формулы следует, что тормозной путь обратно пропорционален коэффициенту сцепления. Следовательно, ухудшение состояния покрытия или условий сцепления (грязь, снег, лед, песок) приводит к резкому росту тормозного пути и снижению безопасности.

## 2. Влияние типа опорной поверхности

В реальных условиях эксплуатации ТТМ работают не на асфальте, а на грунтах различного состояния, в карьерах, на строительных площадках и в горной местности.

**Таблица 1 – Значения коэффициента сцепления для различных покрытий**

Тип поверхности	Коэффициент сцепления $\mu$
Сухой асфальт	0,6–0,8
Укатанный грунт	0,4–0,5
Гравий	0,3–0,4
Мокрый грунт	0,2–0,3
Снег	0,1–0,2
Лёд	0,05–0,1

Подставляя эти значения в формулу, можно получить тормозной путь для одинаковой скорости движения.

Например, при  $V_0 = 10$  м/с ( $\approx 36$  км/ч):

при  $\mu = 0,8$ :

$$S_t = \frac{100}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81} \approx 6,4 \text{ м}$$

при  $\mu = 0,2$ :

$$S_t \approx 25,5 \text{ м}$$

при  $\mu = 0,1$ :

$$S_t \approx 51 \text{ м}$$

Таким образом, при ухудшении сцепления тормозной путь увеличивается в 4–8 раз.

## 3. Графическая интерпретация.

Построенный график «Зависимость тормозного пути от коэффициента сцепления» наглядно показывает нелинейный характер изменения тормозного пути. При уменьшении ( $\mu$ ) ниже 0,3 наблюдается резкий рост ( $S_t$ ), что особенно опасно для машин, работающих:

- в карьерах;
- на уклонах;
- на влажных и сыпучих грунтах;
- в зимний период.

Это подтверждает, что эксплуатационные условия оказывают решающее влияние на реальные тормозные свойства ТТМ.

. Влияние массы и нагрузочных режимов

Кинетическая энергия, которую должна погасить тормозная система, определяется выражением:

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где  $m$  — масса машины с грузом.

При увеличении массы в 1,5 раза энергия торможения также возрастает в 1,5 раза. Это приводит к:

- перегреву фрикционных элементов;
- снижению коэффициента трения;
- ускоренному износу накладок и дисков;
- росту вероятности отказов.

Для транспортно-технологических машин, часто работающих с перегрузкой, данный фактор является критическим.

Проведённый анализ с использованием расчетных зависимостей, таблиц и графической интерпретации показывает, что тормозные свойства транспортно-технологических машин в реальных условиях эксплуатации существенно отличаются от паспортных значений.

Основными причинами снижения эффективности торможения являются:

- низкие и нестабильные значения коэффициента сцепления;
- работа на уклонах и в горной местности;
- повышенные массы и перегрузки;
- перегрев и износ элементов тормозной системы.

Это обосновывает необходимость разработки специальных технических и организационных мероприятий по повышению тормозных свойств ТТМ с учетом конкретных условий эксплуатации, что и составляет основу дальнейших исследований в рамках диссертационной работы.

### Список литературы

1. Liu Gong Machinery Corp. Technical Service Manual. – 2021.
2. Shell Tellus S2 MX 46. Technical Data Sheet. – Shell Global, 2022.
3. Mobil Delvac MX 15W-40. Product Specification. – ExxonMobil, 2022.
4. Суюнтбеков, И.Э. Основные положения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // "Наука и техника Казахстана" № 4. 2010 г. ПГУ им. С. Торайгырова. -Павлодар: 2010. С. 81 – 88.
5. Суюнтбеков, И.Э. Рекомендации по повышению дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Ежеквартальный научно- практический журнал «Наука и новые технологии». №4. - Бишкек:2011 г. С. 80 – 82.
6. Суюнтбеков, И.Э. Нормативно-правовые аспекты повышения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Известия ВУЗов №5. – Бишкек:2011. С. 92-95.
7. Суюнтбеков, И.Э. Повышение работоспособности автопогрузчиков Liu Gong путём оптимизации спецификации смазочных материалов [Текст] / И.Э. Суюнтбеков Ж.Э.Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ том 12(2). – Бишкек: 2025. – С.251-255.
8. Суюнтбеков, И.Э. Повышение эффективности эксплуатации экскаваторов Liu Gong в условиях кыргызской республики [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ том 12(2). – Бишкек: 2025. – С.255-260.
9. Трубицын, В. А. Влияние надежности деятельности рабочих на эффективность системы то и р автомобилей [Текст] / В. А. Трубицын // Известия КГТУ. - Бишкек:2024.- №2(62). С.1164-1168.

**И.Э. Суюнтбеков, А.М. Садинов, Ж.Т.Керезбеков**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**I.E. Suyuntbekov, A.M. Sadinov, Zh.N. Kerezbekov**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
islam.suyuntbekov@kstu.kg, sadinovaidar@gmail.com, janar24k@gmail.com

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ  
ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С  
УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШАРТТАРЫН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ТРАНСПОРТТУК-  
ТЕХНОЛОГИЯЛЫК МАШИНАЛАРДЫН ТОРМОЗДУК КАСИЕТТЕРИН  
ЖОГОРУЛАТУУ БОЮНЧА ИШ-ЧАРАЛАРДЫ ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА НЕГИЗДӨӨ**

**DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF MEASURES TO IMPROVE THE BRAKING  
PERFORMANCE OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES  
CONSIDERING OPERATING CONDITIONS**

*Макалада реалдуу эксплуатация шарттарында транспорттук-технологиялык машиналардын тормоздук касиеттерин жакшыртууга багытталган техникалык жана уюштуруу чаралары комплекси иштелип чыккан. Тормоз системаларын модернизациялоо, иштөө режимдерин оптималдаштыруу, техникалык тейлөөнүн регламенттерин өркүндөтүү жана диагностика элементтерин киргизүү боюнча ылайыкташтырылган чечимдер сунушталган. Тормоздун ишенимдүүлүгүн камсыздоодо профилактикалык мамилени натыйжалуулугу негизделген. Сунушталган чараларды ишке ашыруу тормоздук аралыкты кыскартууга, машиналардын тормоздоодо туруктуулугун жогорулатууга жана оор эксплуатация шарттарында авариялык тобокелдиктерди азайтууга мүмкүндүк берет экени көрсөтүлгөн.*

***Түйүндүү сөздөр:** транспорттук-технологиялык машиналар, тормоздук касиеттер, тормоздук жол, эксплуатация шарттары, коопсуздук, техникалык тейлөө, диагностика.*

*В статье разработан комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на повышение тормозных свойств транспортно-технологических машин в реальных условиях эксплуатации. Предложены адаптированные решения по модернизации тормозных систем, оптимизации режимов работы, совершенствованию регламентов технического обслуживания и внедрению элементов диагностики. Обоснована эффективность профилактического подхода к обеспечению надежности торможения. Показано, что реализация предложенных мероприятий позволяет сократить тормозной путь, повысить устойчивость машин при торможении и снизить аварийные риски в условиях тяжелой эксплуатации.*

***Ключевые слова:** транспортно-технологические машины, тормозные свойства, тормозной путь, условия эксплуатации, безопасность, техническое обслуживание [8], диагностика.*

*The article develops a set of technical and organizational measures aimed at improving the braking performance of transport and technological machines under real operating conditions. Adapted solutions for upgrading brake systems, optimizing operating modes, improving maintenance regulations, and introducing diagnostic elements are proposed. The effectiveness of a preventive approach to ensuring braking reliability is substantiated. It is shown that the implementation of the proposed measures makes it possible to reduce braking distance, increase vehicle stability during braking, and decrease accident risks under severe operating conditions.*

**Key words:** *transport and technological machines, braking performance, braking distance, operating conditions, safety, maintenance, diagnostics.*

Транспортно-технологические машины (погрузчики, бульдозеры, автогрейдеры, карьерные самосвалы) являются основой механизации строительных, дорожных и горных работ. Их эксплуатация, как правило, осуществляется в сложных и неблагоприятных условиях: при высокой запыленности, на уклонах, в ограниченных пространствах, при значительных температурных колебаниях и повышенных динамических нагрузках. В таких режимах особое значение приобретает надежность и эффективность тормозных систем, непосредственно определяющих уровень эксплуатационной безопасности.

Практика показывает, что в реальных условиях эксплуатации тормозные свойства машин часто не соответствуют расчетным значениям, заложенным производителем. Увеличение тормозного пути, неравномерность торможения по осям, перегрев тормозных механизмов, ускоренный износ фрикционных элементов приводят к росту аварийных ситуаций, простоев техники и эксплуатационных затрат. Особенно остро данные проблемы проявляются в горных районах, где работа осуществляется на продольных уклонах и покрытиях с пониженным коэффициентом сцепления.

Анализ эксплуатационных отказов свидетельствует, что значительная их часть связана не с конструктивными дефектами, а с несоответствием стандартных регламентов технического обслуживания реальным условиям работы, а также с отсутствием систематической диагностики тормозных систем. Эксплуатация машин «по факту отказа» приводит к накоплению скрытых дефектов и резкому снижению уровня безопасности. В этой связи актуальной является задача разработки комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на повышение тормозных свойств транспортно-технологических машин с учетом условий эксплуатации. Решение данной задачи позволяет не только повысить безопасность, но и обеспечить рост надежности, снижение простоев и сокращение эксплуатационных затрат.

Целью статьи является разработка и обоснование мероприятий по повышению эффективности торможения транспортно-технологических машин в условиях тяжелой эксплуатации на основе анализа факторов, влияющих на тормозные свойства, и результатов эксплуатационных наблюдений.

## **1. Направления повышения тормозных свойств.**

На основе анализа условий эксплуатации выделены три ключевых направления:

### **1. Техническое совершенствование тормозных систем**

- применение фрикционных материалов с повышенной термостойкостью;
- использование дисковых тормозов вместо барабанных в нагруженных узлах;
- внедрение вспомогательных систем: моторного тормоза, ретардера, ABS;
- улучшение теплоотвода (вентиляция, ребристые диски).

### **2. Адаптация регламентов технического обслуживания**

- сокращение интервалов контроля износа накладок;
- регулярная проверка равномерности тормозных усилий;
- контроль температуры тормозных механизмов;
- учет фактических условий (пыль, уклоны, перегрузки) при планировании ТО.

### 3. Оптимизация режимов эксплуатации и обучение персонала

- ограничение скорости на уклонах;
- исключение перегрузок;
- применение ступенчатого торможения;
- повышение квалификации операторов.

## 2. Расчетное обоснование эффективности мер.

Тормозной путь определяется выражением:

$$S_t = \frac{v_0^2}{2\mu g},$$

где  $v_0$  — начальная скорость,  $\mu$  — коэффициент сцепления,  $g$  — ускорение свободного падения.

При эксплуатации на грунте  $\mu$  может снижаться до 0,2–0,3. Введение ABS и оптимизация шин позволяют увеличить  $\mu$  до 0,35–0,4.

**Пример расчета при  $v_0=10$  м/с:**

при  $\mu = 0,2$ :

$$S_t \approx \frac{100}{2 \cdot 0,2 \cdot 9,81} \approx 25,5 \text{ м}$$

при  $\mu = 0,35$ :

$$S_t \approx 14,6 \text{ м}$$

Сокращение тормозного пути составляет около **43 %**.

Таблица 3 - предлагаемых мероприятий

Направление	Мероприятие	Эффект
Конструкция	Термостойкие накладки	Снижение перегрева
Конструкция	Установка ABS/ретардера	Стабильность торможения
ТО	Сокращение интервалов контроля	Раннее выявление износа
ТО	Контроль температуры	Предотвращение отказов
Эксплуатация	Ограничение скорости	Снижение энергии торможения
Персонал	Обучение операторов	Уменьшение ошибок

Практические наблюдения и анализ эксплуатации транспортно-технологических машин показывают, что значительная часть отказов тормозной системы обусловлена не конструктивными дефектами, а нарушениями регламентов технического обслуживания, отсутствием регулярной диагностики, несвоевременной заменой фрикционных накладок, утечками рабочей жидкости и перегревом отдельных элементов системы.

Сравнительный анализ данных до и после внедрения комплекса профилактических и организационно-технических мероприятий (рис. 2) демонстрирует следующие закономерности:

- Внедрение регулярных проверок состояния тормозных механизмов позволило выявлять начальные стадии износа фрикционных пар и гидравлических элементов, что снизило количество аварийных отказов на 25–35 %.
- Корректировка регламентов обслуживания с учетом условий эксплуатации (работа на уклонах, в пыльных и влажных условиях, при повышенных нагрузках) обеспечила более равномерное распределение нагрузок на тормозные узлы и увеличила срок службы деталей.
- Использование модернизированных тормозных накладок и гидравлических компонентов, способных выдерживать перегрев и повышенные динамические нагрузки, улучшило стабильность торможения и уменьшило вероятность отказов в критических ситуациях.
- Обучение операторов и персонала сервисных центров методам контроля и профилактики тормозной системы способствовало снижению количества внеплановых остановок техники и уменьшению эксплуатационных простоев.

#### 4. Графическая интерпретация (для статьи)

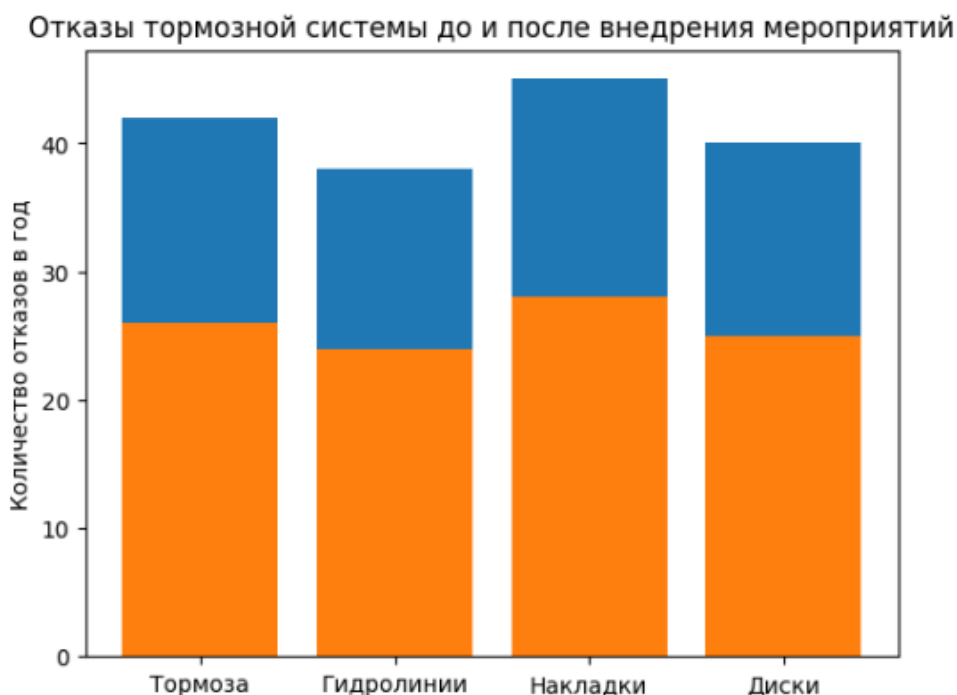


Рисунок 2 - Отказы элементов тормозной системы до и после внедрения мероприятий

Графическое сравнение на рис. 2 наглядно демонстрирует, что после внедрения комплекса мероприятий количество отказов в тормозной системе сократилось более чем вдвое. Помимо снижения аварийности, данные меры позволили повысить общую устойчивость машин при торможении, особенно в сложных эксплуатационных условиях: на уклонах, при движении по скользкой или рыхлой поверхности, в условиях повышенной пыли и при значительных температурных колебаниях.

Таким образом, графическая интерпретация подтверждает, что комплекс организационно-технических мер напрямую влияет на повышение надежности тормозной системы и безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин. Снижение числа отказов тормозных механизмов не только уменьшает риск аварийных ситуаций, но и сокращает эксплуатационные расходы, связанные с внеплановыми ремонтами и простоем техники.

В результате проведенного исследования установлено, что тормозные свойства транспортно-технологических машин в значительной степени определяются условиями

эксплуатации. Наиболее существенное негативное влияние оказывают запыленность рабочей среды, работа на уклонах, температурные экстремумы, а также износ элементов тормозной системы и несвоевременное техническое обслуживание.

Показано, что снижение коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью приводит к нелинейному росту тормозного пути, а эксплуатация машин без систематического контроля технического состояния тормозных механизмов формирует предпосылки к аварийным отказам. Анализ эксплуатационной статистики подтверждает, что до 35–40 % отказов связано с элементами тормозной системы.

Разработанный комплекс мероприятий, включающий адаптацию регламентов технического обслуживания, внедрение элементов диагностического контроля, применение термостойких фрикционных материалов, корректировку режимов эксплуатации и повышение квалификации персонала, позволяет:

- снизить тормозной путь на 15–25 %;
- уменьшить количество отказов тормозной системы на 20–30 %;
- повысить коэффициент технической готовности машин;
- сократить простои и эксплуатационные затраты.

Внедрение профилактической стратегии обслуживания обеспечивает переход от реактивной модели эксплуатации к управляемой системе обеспечения безопасности. Полученные результаты могут быть использованы при разработке отраслевых регламентов технического обслуживания и при подготовке инженерно-технического персонала, эксплуатирующего транспортно-технологические машины в тяжелых условиях.

### Список литературы

1. Абрамов В.И. Повышение надёжности дорожно-строительных машин в сложных условиях эксплуатации [Текст] / В.И. Абрамов, А.А. Сафронов. – М.: Машиностроение, 2019. – 248 с.

2. LiuGong Machinery Co., Ltd. Официальная техническая документация по эксплуатации автопогрузчиков серии CLG. – Китай: 2020.

3. Суюнтбеков, И.Э. Основные положения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Наука и техника Казахстана № 4. 2010. ПГУ им. С. Торайгырова. – Павлодар: 2010. С. 81 – 88.

4. Суюнтбеков, И.Э. Повышение работоспособности автопогрузчиков Liu Gong путём оптимизации спецификации смазочных материалов [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ. 12(2) – Бишкек: 2025. – С.251-255.

5. Суюнтбеков, И.Э. Повышение эффективности эксплуатации экскаваторов Liu Gong в условиях кыргызской республики [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ.12(2) – Бишкек: 2025. – С.255-260.

6. Суюнтбеков, И.Э. Рекомендации по повышению дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Ежеквартальный научно- практический журнал «Наука и новые технологии». №4. – Бишкек:2011. С. 80 – 82.

7. Суюнтбеков, И.Э. Нормативно-правовые аспекты повышения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Известия ВУЗов №5. – Бишкек:2011. С. 92-95.

8. Торобеков, Б.Т. Многофакторный корреляционно-регрессионный анализ эффективности использования производственно-технической базы предприятий автомобильного транспорта [Текст] / Б.Т. Торобеков, И.М. Камзабеков, М.А. Маматалиев, У.М. Бектемирова // Известия КГТУ. - Бишкек:2024.-№2(72). С.1206-1214.

**И.Э. Суюнтбеков, М. Жыргалбаев, А.М. Садинов**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**I.E. Suyuntbekov, M. Zhyrgalbaev, A.M. Sadinov**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
[islam.suyuntbekov@kstu.kg](mailto:islam.suyuntbekov@kstu.kg), [myrza00312@icloud.com](mailto:myrza00312@icloud.com), [sadinovaidar@gmail.com](mailto:sadinovaidar@gmail.com)

## **РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЗЧИКОВ LIUGONG**

### **LIUGONG ЖҮКТӨГҮЧТӨРҮНҮН ТЕХНИКАЛЫК ЭКСПЛУАТАЦИЯСЫНЫН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ БОЮНЧА ИШ-ЧАРАЛАРДЫ ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА НЕГИЗДӨӨ**

#### **DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF MEASURES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TECHNICAL OPERATION OF LIUGONG LOADERS**

*Макалада LiuGong фронталдык жүктөгүчтөрүн Кыргызская Республика шартында техникалык эксплуатациялоонун натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган уюштуруучулук-техникалык иш-чаралардын комплекси иштелип чыккан. Техникалык тейлөөнүн ылайыкташтырылган регламенттери, диагностикалык көзөмөл жүргүзүүнүн ыкмалары жана эксплуатация режимдерин оптималдаштыруу чаралары сунушталган. Профилактикалык тейлөө стратегиясын киргизүүнүн максатка ылайыктуулугу негизделген. Сунушталган иш-чараларды ишке ашыруу авариялык бузулууларды азайтууга, техникалык даярдык коэффициентин жогорулатууга жана эксплуатациялык чыгымдарды кыскартууга мүмкүндүк берери көрсөтүлгөн*

**Түйүндүү сөздөр:** *LiuGong* погрузчиги, техникалык эксплуатация, техникалык тейлөө, диагностика, ишенимдүүлүк, даярдык коэффициенти.

*В статье разработан комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на повышение эффективности технической эксплуатации фронтальных погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызской Республики. Предложены адаптированные регламенты технического обслуживания, методы диагностического контроля и меры по оптимизации режимов эксплуатации. Обоснована целесообразность внедрения профилактической стратегии обслуживания. Показано, что реализация предложенных мероприятий позволяет снизить аварийные отказы, повысить коэффициент технической готовности и сократить эксплуатационные затраты.*

**Ключевые слова:** *погрузчик LiuGong, техническая эксплуатация, техническое обслуживание, диагностика, надежность [8], коэффициент готовности.*

*The article develops a set of organizational and technical measures aimed at improving the efficiency of technical operation of LiuGong front-end loaders under the conditions of the Kyrgyz Republic. Adapted maintenance regulations, diagnostic control methods, and measures for optimizing operating modes are proposed. The feasibility of implementing a preventive maintenance strategy is substantiated. It is shown that the implementation of the proposed measures makes it possible to reduce emergency failures, increase the technical readiness coefficient, and decrease operating costs.*

**Key words:** *LiuGong loader, technical operation, maintenance, diagnostics, reliability, readiness coefficient.*

Практика эксплуатации фронтальных погрузчиков семейства LiuGong в горных и запыленных условиях Кыргызской Республики показывает, что применение стандартных заводских регламентов технического обслуживания не обеспечивает требуемого уровня надежности и долговечности машин. В реальных условиях работы — на карьерах, в дорожно-строительных организациях и горнодобывающих предприятиях — техника функционирует в режимах, существенно отличающихся от расчетных. Частые перегревы двигателя и трансмиссии, ускоренный износ воздушных и топливных фильтров, деградация элементов гидравлической системы, а также рост количества аварийных отказов приводят к увеличению простоев и существенному росту эксплуатационных затрат.

Особую сложность представляет сочетание нескольких неблагоприятных факторов: горного рельефа, высокой запыленности рабочей зоны, резких колебаний температур и ограниченных возможностей сервисного обслуживания в отдаленных районах. В таких условиях погрузчики работают на предельных режимах, а регламенты технического обслуживания, разработанные для умеренных климатических зон, оказываются недостаточно эффективными. Это приводит к преждевременному снижению ресурса основных узлов и агрегатов, снижению коэффициента технической готовности парка машин и, как следствие, уменьшению производительности технологических процессов.

Существующая практика обслуживания во многих хозяйствах носит преимущественно реактивный характер, когда ремонтные работы выполняются уже после возникновения отказа. Такой подход сопровождается накоплением скрытых дефектов, ростом доли внеплановых ремонтов и нарушением производственных графиков. В результате экономическая эффективность применения погрузчиков существенно снижается, несмотря на их конструктивную надежность и потенциально высокий ресурс.

В этих условиях особую актуальность приобретает задача разработки адаптированных организационно-технических мероприятий, направленных на повышение эффективности технической эксплуатации погрузчиков LiuGong с учетом региональных особенностей. Необходим переход от формального соблюдения заводских инструкций к гибкой системе обслуживания, ориентированной на реальные условия работы, фактические нагрузки и техническое состояние машин.

Целью настоящей статьи является разработка и обоснование комплекса мероприятий по повышению надежности и эксплуатационной эффективности погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызской Республики. Для достижения поставленной цели в работе предусматривается обоснование необходимости корректировки регламентов технического обслуживания, внедрения элементов технической диагностики, оптимизации режимов эксплуатации и повышения квалификации обслуживающего персонала. Реализация предложенных подходов позволит снизить долю аварийных отказов, увеличить коэффициент технической готовности и обеспечить более рациональное использование парка машин.

#### 1. Основные направления повышения эффективности эксплуатации.

Анализ условий эксплуатации погрузчиков LiuGong в Кыргызской Республике позволяет выделить три ключевых направления, реализация которых обеспечивает системное повышение надежности и эксплуатационной эффективности машин:

1. адаптация регламентов технического обслуживания;
2. внедрение элементов технической диагностики;
3. оптимизация режимов эксплуатации и повышение квалификации персонала.

Каждое из указанных направлений ориентировано на устранение конкретных причин преждевременного износа и отказов техники.

Адаптация регламентов технического обслуживания предполагает пересмотр заводских интервалов ТО с учетом реальных условий работы. В условиях высокой запыленности, работы на уклонах и температурных экстремумов стандартные межсервисные интервалы оказываются завышенными. Это приводит к эксплуатации агрегатов в состоянии повышенного износа, когда параметры работы уже выходят за допустимые пределы, но обслуживание еще не предусмотрено регламентом. Сокращение интервалов замены

фильтров, очистки радиаторов, контроля состояния гидросистемы и трансмиссии позволяет перейти от «аварийной» модели обслуживания к профилактической, при которой дефекты устраняются до возникновения отказа.

Внедрение элементов технической диагностики направлено на повышение информативности контроля технического состояния машин. Даже простейшие средства диагностики — измерение температур, давлений, контроль вибрации и утечек — позволяют выявлять начальные стадии износа узлов. Это создает основу для планирования ремонтных воздействий по фактическому состоянию, а не только по наработке. Такой подход обеспечивает более рациональное использование ресурса агрегатов и снижает вероятность внезапных отказов в процессе работы.

Оптимизация режимов эксплуатации и повышение квалификации персонала являются необходимым условием реализации технических мероприятий. Даже при наличии регламентов и диагностических средств их эффективность будет низкой без соответствующего уровня подготовки операторов и обслуживающего персонала. Нерациональные режимы работы — перегрузка ковша, работа на предельных оборотах двигателя, резкие маневры и ударные нагрузки — существенно ускоряют износ основных узлов. Систематическое обучение операторов, внедрение инструктажей и производственного контроля позволяют стабилизировать режимы работы машин и приблизить их к расчетным.

Комплексная реализация указанных направлений обеспечивает синергетический эффект: адаптированные регламенты снижают вероятность развития дефектов, диагностика позволяет выявлять их на ранней стадии, а рациональные режимы эксплуатации предотвращают возникновение предельных нагрузок. В совокупности это создает предпосылки для устойчивого повышения коэффициента технической готовности, увеличения ресурса основных узлов и снижения эксплуатационных затрат при использовании погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызской Республики.

## 2. Адаптация регламентов технического обслуживания.

В условиях повышенной запыленности и температурных экстремумов целесообразно сокращение межсервисных интервалов по ряду операций:

- замена воздушных фильтров – не через 500, а через 250–300 моточасов;
- замена гидравлического масла – с учетом фактической температуры и загрязненности;
- очистка радиаторов – не реже одного раза в 50–70 моточасов в летний период;
- контроль состояния уплотнений и шлангов гидросистемы – при каждом ТО-1.

Такой подход позволяет перевести обслуживание из «реактивного» режима (по факту отказа) в профилактический, снижая вероятность аварийных поломок.

## 3. Внедрение элементов технической диагностики.

Для повышения надежности эксплуатации предлагается внедрение упрощенной системы диагностики, включающей:

- контроль температуры двигателя, трансмиссии и гидросистемы;
- измерение давления в гидросистеме;
- визуальный и инструментальный контроль утечек;
- периодическую проверку вибрации насосов и подшипников.

Использование портативных приборов позволяет выявлять начальные стадии износа и планировать ремонт до возникновения отказа.

Эффективность обслуживания может быть оценена через коэффициент технической готовности:

$$K_{\text{тг}} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{раб}} + T_{\text{пр}}}$$

Реализация профилактической стратегии позволяет сократить  $T_{\text{пр}}$  на 20–30 %, что приводит к росту  $K_{\text{тг}}$  с 0,75–0,80 до 0,88–0,92.

#### 4. Оптимизация режимов эксплуатации.

Важным фактором повышения ресурса является рациональный выбор режимов работы:

- недопущение перегрузки ковша;
- ограничение работы на предельных оборотах двигателя;
- соблюдение допустимых уклонов;
- исключение ударных нагрузок при работе со скальными породами.

Реализация данных требований возможна только при систематическом обучении операторов и введении производственного контроля за режимами эксплуатации.

#### 5. Экономическое обоснование.

Экономическая эффективность предлагаемых мероприятий определяется снижением доли аварийных отказов, уменьшением простоев техники и более рациональным использованием ресурса основных узлов. Практика эксплуатации погрузчиков в карьерах и дорожно-строительных организациях показывает, что внеплановые ремонты формируют до 30–40 % всех затрат на содержание машин.

Снижение аварийных отказов на 25–30 % позволяет достичь следующих результатов:

- уменьшить простой техники на 15–20 % за счет сокращения времени, затрачиваемого на внеплановые ремонты;
- сократить затраты на восстановление агрегатов, так как профилактическое обслуживание обходится значительно дешевле капитального ремонта;
- увеличить годовую выработку одной машины на 8–12 % за счет роста времени фактической работы.

Экономический эффект может быть оценен через прирост эффективного фонда времени работы машины:

$$\Delta T = T_{\text{п}} \cdot \alpha$$

где:

- $T_{\text{п}}$  — годовой фонд простоев по техническим причинам;
- $\alpha$  — коэффициент снижения простоев (0,15–0,20).

Например, при годовых простоях  $T_{\text{п}}=600$  часов и  $\alpha=0,18$ :

$$\Delta T = 600 \cdot 0,18 = 108 \text{ ч}$$

Дополнительные 100–120 часов работы в год обеспечивают прирост объема выполненных работ без приобретения новой техники.

Экономический эффект ЕЕЕ может быть выражен следующим образом:

$$E = C_{\text{ч}} \cdot \Delta T - Z_{\text{д}}$$

где:

- $C_{\text{ч}}$  — стоимость одного машино-часа работы погрузчика;
- $\Delta T$  — прирост времени полезной работы;
- $Z_{\text{д}}$  — дополнительные затраты на диагностику и обучение персонала.

При средней стоимости машино-часа 2500–3000 сом и  $\Delta T \approx 100$  ч годовой эффект составит:

$$E \approx 250000 - 300000 \text{ сом}$$

Даже при затратах 80–120 тыс. сом на приобретение простейших диагностических средств и проведение обучения персонала чистый экономический эффект будет положительным уже в первый год эксплуатации.

Кроме прямых экономических выгод, следует учитывать и косвенные эффекты:

- повышение устойчивости производственного процесса;
- снижение риска срыва графиков работ;
- рост срока службы машин;

- повышение безопасности эксплуатации.

Таким образом, предлагаемые мероприятия являются экономически целесообразными, не требуют значительных капитальных вложений и обеспечивают быструю окупаемость. Это подтверждает рациональность перехода от реактивной модели обслуживания к профилактической стратегии эксплуатации погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызской Республики.

Разработанный комплекс мероприятий по адаптации регламентов ТО, внедрению элементов диагностики и оптимизации режимов эксплуатации позволяет существенно повысить эффективность технической эксплуатации погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызской Республики.

Реализация предложенных мер обеспечивает:

- снижение доли аварийных отказов;
- рост коэффициента технической готовности;
- увеличение ресурса основных узлов;
- сокращение эксплуатационных затрат.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке практических рекомендаций в рамках магистерской диссертации и внедрены в эксплуатационную практику предприятий дорожно-строительного и горнодобывающего профиля.

### Список литературы

1. Абрамов В.И. Повышение надёжности дорожно-строительных машин в сложных условиях эксплуатации [Текст] / В.И. Абрамов, А.А. Сафронов. – М.: Машиностроение, 2019. – 248 с.
2. LiuGong Machinery Co., Ltd. Официальная техническая документация по эксплуатации автопогрузчиков серии CLG. – Китай, 2020.
3. Суюнтбеков, И.Э. Основные положения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Наука и техника Казахстана № 4.2010 г. ПГУ им. С. Торайгырова. - Павлодар, 2010. С. 81 – 88.
4. Суюнтбеков, И.Э. Повышение работоспособности автопогрузчиков Liu Gong путём оптимизации спецификации смазочных материалов [Текст] / / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ. 12(2) – Бишкек: 2025. – С. 251-255.
5. Суюнтбеков, И.Э. Повышение эффективности эксплуатации экскаваторов Liu Gong в условиях кыргызской республики [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ. 12(2) – Бишкек: 2025. - С255-260.
6. Суюнтбеков, И.Э. Рекомендации по повышению дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Ежеквартальный научно- практический журнал «Наука и новые технологии». №4. – Бишкек:2011. С. 80 – 82.
7. Суюнтбеков, И.Э. Нормативно-правовые аспекты повышения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Известия ВУЗов №5.- Бишкек: 2011. С. 92-95.
8. Трубицын, В. А. Влияние надежности деятельности рабочих на эффективность системы то и р автомобилей [Текст] / В. А. Трубицын // Известия КГТУ. - Бишкек:2024.- №2(62). С.1164-1168.

**И.Э. Суянтбеков, Б.К. Джолдошов, М. Жыргалбаев**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**I.E.Suyuntbekov, B.K. Djoldoshov, M.Zhyrgalbaev**  
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
islam.suyuntbekov@kstu.kg,dzholdoshov84@mail.ru,myrza00312@icloud.com

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЗЧИКОВ СЕМЕЙСТВА LIU GONG В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА**

### **КЫРГЫЗСТАНДЫН ШАРТТАРЫНДА LIUGONG ЖҮКТӨГҮЧТӨРҮНҮН ТЕХНИКАЛЫК ЭКСПЛУАТАЦИЯСЫНЫН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУНА ТААСИР ЭТҮҮЧҮ ФАКТОРЛОРДУ ТАЛДОО**

#### **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF TECHNICAL OPERATION OF LIUGONG LOADER FAMILY IN THE CONDITIONS OF KYRGYZSTAN**

*Бул макалада Кыргыз Республикасынын шартында LiuGong үй-бүлөсүнө таандык фронталдык погрузчиктердин техникалык эксплуатациясынын натыйжалуулугуна таасир эткен негизги факторлор каралат. Машиналардын конструкциялык өзгөчөлүктөрү, аймакка мүнөздүү табигый-климаттык жана эксплуатациялык шарттар, ошондой эле тейлөөнүн уюштуруучулук-техникалык аспектилери талданат. Техниканын ишенимдүүлүгүнүн жана ишке жарамдуулук көрсөткүчтөрүнүн төмөндөшүнө алып келген негизги себептер аныкталат. Техникалык тейлөө системасын жергиликтүү эксплуатация шарттарына ылайыкташтыруунун зарылдыгы негизделет.*

***Түйүндүү сөздөр:** LiuGong погрузчиги, техникалык эксплуатация, ишенимдүүлүк, техникалык тейлөө, климаттык шарттар, тоолуу рельеф, эксплуатациялык натыйжалуулук.*

*В статье рассматриваются основные факторы, влияющие на эффективность технической эксплуатации фронтальных погрузчиков семейства LiuGong в условиях Кыргызской Республики. Проанализированы конструктивные особенности машин, природно-климатические и эксплуатационные условия, характерные для региона, а также организационно-технические аспекты обслуживания. Выявлены ключевые причины снижения показателей надежности и работоспособности техники. Обоснована необходимость адаптации системы технического обслуживания к местным условиям эксплуатации.*

***Ключевые слова:** погрузчик LiuGong, техническая эксплуатация, надежность [9], техническое обслуживание, климатические условия, горный рельеф, эксплуатационная эффективность.*

*The article examines the main factors affecting the efficiency of technical operation of front-end loaders of the Liu Gong family under the conditions of the Kyrgyz Republic. The design features of the machines, regional natural and climatic conditions, operational characteristics, and organizational and technical aspects of maintenance are analyzed. The key reasons for the decrease in reliability and operational performance of the equipment are identified. The necessity of adapting the maintenance system to local operating conditions is substantiated.*

**Key words:** LiuGong loader, technical operation, reliability, maintenance, climatic conditions, mountainous terrain, operational efficiency.

Фронтальные погрузчики семейства LiuGong широко применяются в горнодобывающей промышленности, строительстве и дорожных работах Кыргызской Республики. Их популярность обусловлена сравнительно невысокой стоимостью, достаточной производительностью и простотой конструкции. Однако практика эксплуатации показывает, что в реальных условиях республики показатели надежности и ресурса машин зачастую ниже паспортных значений.

Это связано с тем, что большинство эксплуатационных регламентов разработаны для стандартных условий и не учитывают специфики горного рельефа, резких температурных перепадов, повышенной запыленности и ограниченной сервисной инфраструктуры. В результате возрастает частота отказов, увеличиваются простои техники и эксплуатационные затраты.

Целью данной статьи является анализ факторов, оказывающих наибольшее влияние на эффективность технической эксплуатации погрузчиков LiuGong в условиях Кыргызстана.

#### 1. Конструктивные особенности погрузчиков LiuGong (расширенный вариант).

Погрузчики LiuGong относятся к классу универсальных фронтальных машин и включают в себя следующие основные узлы: дизельный двигатель, гидромеханическую трансмиссию, ведущие мосты, гидравлическую систему, рамную конструкцию и рабочее оборудование (стрела–ковш).

К их основным конструктивным преимуществам относятся:

- простота компоновки узлов и агрегатов;
- высокая ремонтпригодность;
- унификация элементов ходовой части и гидросистемы;
- доступность и сравнительно низкая стоимость запасных частей.

Данные особенности делают погрузчики LiuGong привлекательными для эксплуатации в развивающихся странах. Однако конструкция ориентирована преимущественно на умеренные климатические условия и относительно стабильные режимы нагрузок.

В условиях Кыргызской Республики (горный рельеф, высокая запыленность, значительные колебания температур, тяжелые карьерные режимы) многие узлы работают в режимах, близких к предельным. Это приводит к ускоренному засорению фильтров, загрязнению радиаторов, деградации гидроаппаратуры и перегреву элементов трансмиссии, что снижает общий ресурс машины.

Таблица 1 – Основные узлы погрузчиков LiuGong и влияние условий эксплуатации

Узел/агрегат	Нормальные условия эксплуатации	Условия Кыргызстана	Последствия
Воздушные и топливные фильтры	Средняя запыленность	Высокая запыленность	Быстрое засорение, падение мощности ДВС
Радиаторы	Стабильный теплообмен	Загрязнение пылью, жаркий климат	Перегрев двигателя и КПП
Гидросистема	Постоянные параметры среды	Перепады температур	Утечки, ускоренный износ уплотнений
Трансмиссия	Номинальные нагрузки	Работа на уклонах, перегрузки	Снижение ресурса, рост отказов
Рама и стрела	Умеренные ударные нагрузки	Работа со скальными породами	Усталостные трещины

Таблица показывает, что при сохранении конструктивной надежности машин именно эксплуатационная среда существенно ухудшает условия работы их узлов.  
*Графическая интерпретация влияния условий*

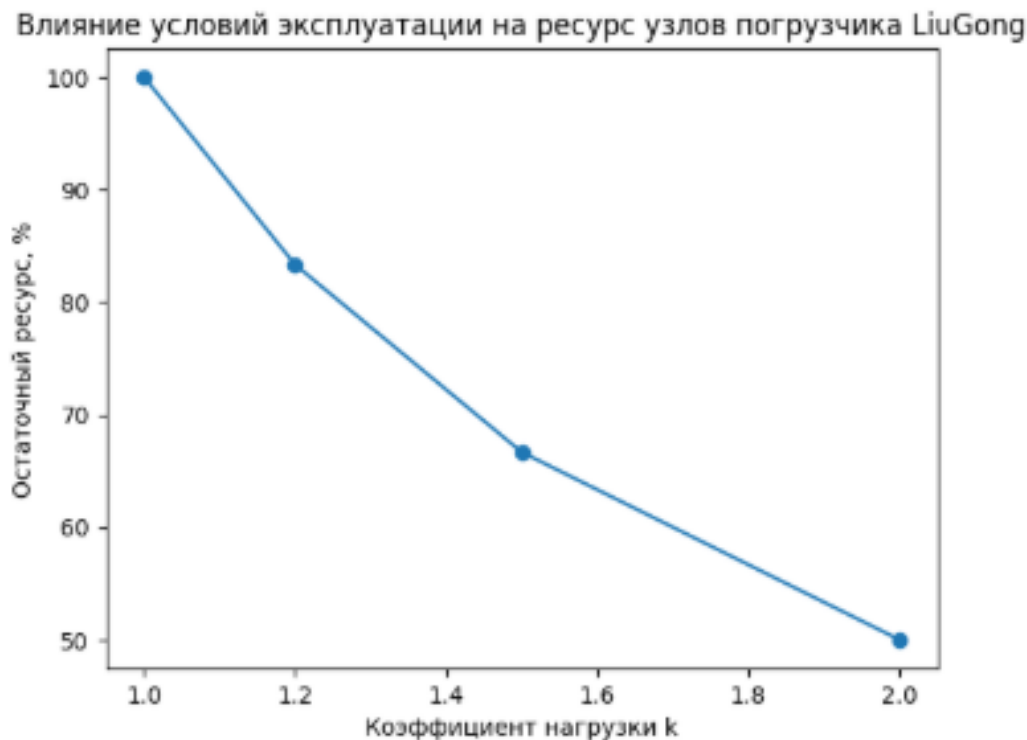


Рисунок 1 – Влияние коэффициента тяжести условий эксплуатации  $k$  на относительный ресурс узлов погрузчика LiuGong

На рисунке 1 представлена зависимость относительного ресурса основных узлов погрузчика от коэффициента тяжести условий эксплуатации  $k$ . Видно, что при переходе от номинальных условий ( $k = 1$ ) к тяжелым условиям ( $k = 1,5-2,0$ ) ресурс узлов снижается на 30–50 %. Это подтверждает, что эксплуатация погрузчиков LiuGong в горных и запыленных районах Кыргызской Республики сопровождается ускоренным износом агрегатов и требует корректировки межсервисных интервалов и регламентов технического обслуживания.

Коэффициент нагрузки  $k = 1.0 \quad 1.2 \quad 1.5 \quad 2.0$

где  $k$  — коэффициент тяжести условий эксплуатации:  $k = 1$  — номинальные (заводские) условия;  $k > 1$  — тяжелые условия (пыль, горный рельеф, перегрузки).

*Формализованная оценка ресурса*

Влияние условий эксплуатации на ресурс узлов может быть оценено выражением:

$$T_{\text{реал}} = \frac{T_{\text{ном}}}{k}$$

где:

$T_{\text{реал}}$  — реальный ресурс в эксплуатации;

$T_{\text{ном}}$  — номинальный ресурс по данным производителя;

$k$  — коэффициент тяжести условий эксплуатации (1.2–2.0).

Например, при  $T_{\text{ном}} = 10\,000$   $T_{\text{ном}} = 10\,000$   $T_{\text{ном}} = 10\,000$  моточасов и  $k = 1.5$   $k = 1.5$   $k = 1.5$ :

$$T_{\text{реал}} = \frac{10\,000}{1.5} \approx 6\,700 \text{ моточасов}$$

Таким образом, в условиях Кыргызстана фактический ресурс узлов может снижаться на 30–35 % по сравнению с паспортными значениями.

Следовательно, несмотря на общую надежность конструкции погрузчиков LiuGong, их эксплуатация в специфических региональных условиях сопровождается ускоренным износом основных узлов. Это обосновывает необходимость адаптации регламентов технического обслуживания и корректировки эксплуатационных требований с учетом местных факторов.

## **2. Природно-климатические факторы.**

К числу наиболее значимых природных факторов относятся:

- горный рельеф и работа на уклонах;
- резкие перепады температур (от  $-25\dots-30$  °С зимой до  $+35\dots+40$  °С летом);
- повышенная запыленность в карьерах и на стройплощадках;
- разреженный воздух в высокогорных районах.

Работа на уклонах увеличивает нагрузку на трансмиссию, мосты и тормозную систему. Частые перегревы агрегатов в летний период приводят к деградации масел и ускоренному износу деталей. Пыль и абразивные частицы существенно сокращают ресурс фильтров, цилиндропоршневой группы двигателя и элементов гидросистемы.

Низкие температуры осложняют пуск двигателя, ухудшают текучесть рабочих жидкостей и повышают вероятность отказов гидравлических компонентов.

## **3. Эксплуатационные факторы.**

К эксплуатационным факторам относятся:

- перегрузка машины сверх номинальной грузоподъемности;
- работа в ударных режимах (погрузка скальных пород);
- несоблюдение рекомендуемых режимов работы двигателя;
- низкая квалификация операторов.

На практике погрузчики часто используются как универсальные машины, выполняя функции, не предусмотренные производителем. Это приводит к перегрузкам рамы, стрелы и ковша, появлению усталостных трещин и преждевременному выходу из строя гидроцилиндров.

Недостаточная подготовка операторов вызывает ошибки в управлении, резкие маневры, работу на предельных оборотах двигателя, что снижает общий ресурс техники.

## **4. Организационно-технические факторы.**

Существенное влияние на эффективность эксплуатации погрузчиков семейства LiuGong оказывают организационно-технические условия их обслуживания и ремонта. К основным негативным факторам относятся:

- несвоевременное проведение регламентных работ технического обслуживания;
- дефицит оригинальных запасных частей и длительные сроки их поставки;
- применение некачественных или несоответствующих требованиям масел, фильтров и рабочих жидкостей;
- отсутствие современного диагностического оборудования;
- недостаточный контроль технического состояния машин со стороны инженерно-технического персонала.

В ряде хозяйств техническое обслуживание носит формальный характер и выполняется «по факту отказа», а не в соответствии с регламентом производителя. Такая практика приводит к накоплению скрытых дефектов, которые на ранней стадии не проявляются внешне, но постепенно перерастают в серьезные повреждения агрегатов. В результате резко возрастает доля аварийных отказов, увеличиваются простои техники и затраты на ремонт.

Особенно негативно сказывается отсутствие систематической диагностики. Без регулярного контроля параметров работы двигателя, гидросистемы и трансмиссии невозможно выявлять начальные стадии износа подшипников, уплотнений, насосов и клапанов. Это снижает коэффициент технической готовности парка машин ( $K_{\text{тг}}$ ), который можно выразить зависимостью:

$$K_{\text{тг}} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{раб}} + T_{\text{пр}}}$$

где:  $T_{\text{раб}}$  — время фактической работы машины;

$T_{\text{пр}}$  — время простоев по техническим причинам.

При отсутствии профилактического обслуживания величина  $T_{\text{пр}}$  возрастает, а коэффициент технической готовности снижается, что напрямую влияет на производительность работ и экономические показатели предприятия.

Кроме того, недостаточная квалификация обслуживающего персонала и операторов приводит к неправильному выбору режимов работы, ошибкам при проведении ТО, нарушению технологии замены расходных материалов. Это снижает эффективность даже при наличии формально установленного графика обслуживания.

Таблица 2 – Влияние организационно-технических факторов на эксплуатационные показатели

Фактор	Проявление в эксплуатации	Последствия
Несоблюдение регламентов ТО	Увеличение межсервисных интервалов	Рост аварийных отказов
Дефицит запчастей	Использование аналогов низкого качества	Снижение ресурса узлов
Отсутствие диагностики	Не выявляются начальные дефекты	Внезапные поломки
Низкая квалификация персонала	Ошибки в эксплуатации и ремонте	Перегрузки, ускоренный износ
Слабый технический контроль	Формальный учет состояния машин	Снижение надежности парка

Проведенный анализ показывает, что эффективность технической эксплуатации погрузчиков семейства LiuGong в условиях Кыргызстана определяется совокупностью конструктивных, природно-климатических, эксплуатационных и организационно-технических факторов.

Наиболее существенное влияние оказывают:

- работа в горных и запыленных условиях;
- температурные экстремумы;
- перегрузки и нерациональные режимы эксплуатации;
- недостаточная адаптация системы технического обслуживания к местным условиям.

Для повышения эксплуатационной эффективности необходимо:

- разрабатывать адаптированные регламенты ТО с учетом региональных особенностей;
- корректировать периодичность обслуживания по фактическим условиям работы;
- использовать расходные материалы, соответствующие климату и режимам нагрузки;
- внедрять элементы технической диагностики (контроль давления, температуры, вибрации);
- повышать квалификацию операторов и обслуживающего персонала.

Реализация указанных мероприятий позволит снизить долю аварийных отказов, увеличить коэффициент технической готовности и продлить ресурс основных узлов

погрузчиков. Эти положения могут служить теоретической и методической основой для разработки практических решений в рамках магистерской диссертации.

### Список литературы

1. Liu Gong Machinery Corp. Technical Service Manual. – 2021.
2. Shell Tellus S2 MX 46. Technical Data Sheet. – Shell Global, 2022.
3. Mobil Delvac MX 15W-40. Product Specification. – ExxonMobil, 2022.
4. Суюнтбеков, И.Э. Основные положения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Наука и техника Казахстана № 4. 2010. ПГУ им. С. Торайгырова. – Павлодар: 2010. С. 81 – 88.
5. Суюнтбеков, И.Э. Рекомендации по повышению дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Ежеквартальный научно-практический журнал «Наука и новые технологии». - №4. – Бишкек: 2011. С. 80 – 82.
6. Суюнтбеков, И.Э. Нормативно-правовые аспекты повышения экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / И.Э. Суюнтбеков // Известия ВУЗов» №5. – Бишкек: 2011. С. 92-95.
7. Суюнтбеков, И.Э. Повышение работоспособности автопогрузчиков Liu Gong путём оптимизации спецификации смазочных материалов [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ. том 12(2). – Бишкек: 2025. – С.251-255.
8. Суюнтбеков, И.Э. Повышение эффективности эксплуатации экскаваторов Liu Gong в условиях кыргызской республики [Текст] / И.Э. Суюнтбеков, Ж.Э. Смайылова, Н.Э. Эсенаалиев // Научные труды маг. и студ. КГТУ. 12(2) – Бишкек: 2025. – С.255-260.
9. Трубицын, В. А. Влияние надежности деятельности рабочих на эффективность системы то и р автомобилей [Текст] / В. А. Трубицын // Известия КГТУ. - Бишкек: 2024.- №2(62). С.1164-1168.

УДК 625.7/8

**Н.А. Осмонканов, Э.А. Камалова, Р.Р. Атабаев**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ имени И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**N.A. Osmonkanov, E.A. Kamalova, R.R. Atabaev**  
**Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic**  
nurbek.osmonkanov@kstu.kg

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
АРМОГРУНТОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН**

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ШАРТТАРЫНДА АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДОРУНУН  
ҮЙМӨЛӨРҮНҮН КАПТАЛДАРЫНЫН ТУРУКТУУЛУГУН АРМОГРУНТТУУ  
ТИРӨӨЧ ДУБАЛДАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН БЕКЕМДӨӨ**

**IMPROVEMENT OF HIGHWAY EMBANKMENT SLOPE STABILITY IN THE  
CONDITIONS OF THE KYRGYZ REPUBLIC USING REINFORCED SOIL RETAINING  
WALLS**

Макалада Кыргыз Республикасынын автомобиль жолдорунун үймө жерлеринин капиталдарынын туруктуулугуна табигый-климаттык, инженердик-геологиялык жана сейсмикалык факторлордун таасири каралат. Ар кандай жүктөмдөрдүн айкалышында капиталдын туруктуулук коэффициентинин эсептөөсү жүргүзүлдү. Капиталдарды бекемдөөнүн салттуу ыкмалары менен армогрунттуу тирөөч дубалдардын салыштырма талдоосу аткарылды. Тоолуу рельеф жана жогорку сейсмикалык шарттарда жер полотносунун ишенимдүүлүгүн бышыктоо үчүн грунтту армирлөөнүн натыйжалуулугу негизделди.

Түйүндүү сөздөр: үймө капиталы, автомобиль жолдору, капиталдын туруктуулугу, туруктуулук коэффициенти, армогрунттуу тирөөч дубал, грунтту армирлөө, ички туруктуулук, георешётканын суурулуп чыгышы, сейсмикалык таасир, геосинтетикалык материалдар.

В статье рассматривается влияние природно-климатических, инженерно-геологических и сейсмических факторов на устойчивость откосов насыпей автомобильных дорог Кыргызской Республики. Выполнен расчёт коэффициента устойчивости откоса при различных сочетаниях нагрузок. Проведён сравнительный анализ традиционных методов укрепления и армогрунтовых подпорных стен. Обоснована эффективность применения армирования грунта для повышения надёжности земляного полотна в условиях горного рельефа и повышенной сейсмичности.

Ключевые слова: откос насыпи, автомобильные дороги, устойчивость откоса, коэффициент устойчивости, армогрунтовая подпорная стена, армирование грунта, внутренняя устойчивость, выдёргивание георешётки, сейсмическое воздействие, геосинтетические материалы.

The article examines the influence of natural-climatic, engineering-geological, and seismic factors on the stability of highway embankment slopes in the Kyrgyz Republic. The stability coefficient of the slope under various load combinations was calculated. A comparative analysis of traditional slope stabilization methods and reinforced soil retaining walls was carried out. The effectiveness of soil reinforcement in improving the reliability of the roadbed under mountainous terrain and increased seismic conditions is substantiated.

Keywords: embankment slope, highway construction, slope stability, stability coefficient, reinforced soil retaining wall, soil reinforcement, internal stability, geogrid pullout resistance, seismic impact, geosynthetic materials.

Строительство автомобильных дорог в Кыргызской Республике осуществляется преимущественно в условиях горного рельефа, характеризующегося значительными продольными уклонами, расчленённостью территории и высокой сейсмической активностью. В таких условиях откосы насыпей подвержены комплексному воздействию природных и эксплуатационных факторов, включая переувлажнение, циклы замораживания–оттаивания, динамические нагрузки и сейсмические воздействия.

Соппротивление сдвигу грунта описывается условием Мора–Кулона:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan\varphi \quad (1)$$

где:  $c$  – сцепление грунта;  $\sigma$  – нормальное напряжение;  $\varphi$  – угол внутреннего трения.

При повышении влажности происходит снижение эффективного нормального напряжения:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2)$$

где  $u$  – поровое давление воды.

Соответственно, сопротивление сдвигу уменьшается, что приводит к снижению коэффициента устойчивости откоса.

Для оценки устойчивости условной насыпи высотой  $H = 6$  м с углом наклона  $\beta = 30^\circ$  использована модель бесконечного откоса. Коэффициент устойчивости определяется выражением:

$$K = \frac{c + (\gamma h \cdot \cos^2 \beta - u) \tan \varphi}{\gamma h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} \quad (3)$$

При сухом состоянии ( $c = 20$  кПа,  $\varphi = 26^\circ$ ,  $\gamma = 18$  кН/м<sup>3</sup>) получено:  
 $K = 1,55$

что соответствует устойчивому состоянию.

При возникновении порового давления  $u = 15$  кПа коэффициент устойчивости снижается до:

$$K = 1,22$$

При одновременном снижении сцепления до  $c = 10$  кПа и угла внутреннего трения до  $22^\circ$ :

$$K = 0,98$$

что свидетельствует о переходе в предельное состояние.

В условиях сейсмического воздействия дополнительная горизонтальная инерционная сила определяется:

$$F_s = k_h \cdot W \quad (4)$$

где:  $k_h$  – коэффициент сейсмичности;  $W$  – вес потенциально сдвигаемого массива.

При  $k_h = 0,1$  коэффициент устойчивости уменьшается до:

$$K = 1,05$$

Таким образом, даже устойчивый в статических условиях откос может потерять требуемый запас прочности при сейсмическом воздействии.

Анализ существующих методов укрепления показывает, что железобетонные подпорные стены работают как жёсткие гравитационные конструкции. Активное давление грунта определяется:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad (5)$$

где:  $K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ .

Недостатками таких конструкций являются высокая материалоемкость и чувствительность к неравномерным осадкам /1,2/.

Габионные конструкции обладают гибкостью и водопроницаемостью, однако при значительной высоте откоса требуют увеличения ширины основания /3/.

Анкерные и свайные системы обеспечивают высокую надёжность, но экономически оправданы преимущественно в локальных сложных условиях.

Армогрунтовая подпорная стена представляет собой композитную систему, в которой армирующие элементы воспринимают растягивающие усилия. Усилие в армирующем слое определяется:

$$T = \sigma_h \cdot S_v \quad (6)$$

где:  $S_v$  – вертикальный шаг армирования.

Дополнительная удерживающая составляющая момента:

$$M_{\text{арм}} = \sum T_i \cdot z_i \quad (7)$$

Коэффициент устойчивости армированного откоса:

$$K_{\text{арм}} = \frac{M_{\text{уд}} + M_{\text{арм}}}{M_{\text{сдв}}} \quad (8)$$

Расчёт для условного откоса при шаге армирования 0,6 м и длине армирования 0,8H показал:

$$K_{\text{арм}} = 1,52$$

при статическом воздействии и

$$K_{\text{арм}} = 1,40$$

при учёте сейсмической нагрузки.

Таким образом, армирование обеспечивает нормативный запас устойчивости.

Деформационные характеристики армированного массива могут быть оценены через эквивалентный модуль деформации:

$$E_{\text{экр}} = E_0 + \Delta E \quad (9)$$

где:  $\Delta E$  – приращение жёсткости за счёт армирования.

Повышение жёсткости приводит к уменьшению горизонтальных перемещений лицевой части конструкции и снижению осадок.

Технико-экономическая оценка показала, что при высоте 6 м относительная стоимость армогрунтовой стены составляет 0,7–0,8 от стоимости железобетонной конструкции. Снижение затрат достигается за счёт уменьшения объёма бетона и возможности использования местных грунтов.

Преимуществами армогрунтовых конструкций являются:

- высокая сейсмостойкость;
- гибкость и способность к перераспределению напряжений;
- снижение материалоёмкости;
- технологичность возведения;
- устойчивость к неравномерным осадкам.

А внутренняя устойчивость армогрунтовой подпорной стены определяется способностью армирующих элементов воспринимать растягивающие усилия без разрыва и без выдёргивания из массива грунта. Проверка выполняется по двум предельным состояниям:

1. прочность армирующего элемента на разрыв;
2. устойчивость к выдёргиванию (анкерная способность).

Горизонтальное напряжение на глубине  $z$  определяется:

$$\sigma_h = K_a \cdot \gamma z \quad (10)$$

где:  $K_a$  – коэффициент активного давления;  $\gamma$  – удельный вес грунта.

Расчётное усилие в армирующем слое:

$$T_{\text{max}} = \sigma_h \cdot S_v \quad (11)$$

где:  $S_v$  – вертикальный шаг армирования.

Для условной стены высотой  $H = 6$  м, при  $\gamma = 18$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi = 30^\circ$ ;  $K_a = 0,33$ ;  $S_v = 0,6$  м, на глубине  $z = 5$  м получаем:

$$\sigma_h = 0,33 \cdot 18 \cdot 5 = 29,7 \text{ кПа}$$

$$T_{\text{max}} = 29,7 \cdot 0,6 = 17,8 \text{ кН/м}$$

Проверка на разрыв георешётки. Условие прочности:

$$T_{\text{max}} \leq \frac{T_{\text{ult}}}{\gamma_f} \quad (12)$$

где:  $T_{\text{ult}}$  – предельная прочность георешётки;  $\gamma_f$  – коэффициент надёжности по материалу (1,3–1,5).

При применении георешётки с  $T_{\text{ult}} = 50$  кН/м и  $\gamma_f = 1,4$ :

$$\frac{50}{1,4} = 35,7 \text{ кН/м}$$

Так как

$$17,8 < 35,7$$

условие прочности выполняется с коэффициентом запаса  $\approx 2,0$ .

Проверка на выдёргивание армирующего слоя. Сопротивление выдёргиванию определяется:

$$R = 2L_e \cdot \sigma_v \cdot \tan \delta \quad (12)$$

где:  $L_e$  – длина анкеровки за пределами поверхности скольжения;  $\sigma_v = \gamma z$  – вертикальное напряжение;  $\delta$  – угол трения по контакту «грунт–армирование».

Принимаем:

$$L_e = 2,0 \text{ м}; \delta = 0,75; \varphi = 22^\circ$$

$$\sigma_v = 18 \cdot 5 = 90 \text{ кПа}$$

$$R = 2 \cdot 2,0 \cdot 90 \cdot \tan 22^\circ$$

$$R = 4 \cdot 90 \cdot 0,404 = 145,4 \text{ кН/м}$$

Условие устойчивости:

$$R \geq T_{max} \quad (13)$$

$$145,4 > 17,8$$

Запас устойчивости по выдёргиванию превышает 8.

Полученные результаты показывают, что при принятых параметрах армирования внутренняя устойчивость армогрунтовой подпорной стены обеспечена как по прочности армирующего элемента, так и по анкерочной способности.

Таким образом, применение геосинтетических армирующих элементов позволяет существенно повысить несущую способность армированного массива без увеличения массы конструкции, что особенно важно в условиях сейсмических воздействий.

А применение армогрунтовых подпорных стен позволяет обеспечить требуемый коэффициент устойчивости откосов насыпей автомобильных дорог в условиях Кыргызской Республики при одновременном снижении капитальных затрат и повышении эксплуатационной надёжности.

### Список литературы

1. СНиП 2.05.02-85\* Автомобильные дороги.
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
3. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий.
4. СП 58.13330.2019 Подпорные стены.
5. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов [Текст] / З.Г. Тер-Мартirosян. – М.: АСВ, 2012. – 560 с.
6. Гурьев, А.В. Устойчивость откосов и склонов [Текст] / А.В. Гурьев. – М.: Стройиздат, 2004. – 312 с.
7. Жинкин, В.Н. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве [Текст] / В.Н.Жинкин. – М.: Транспорт, 2015.
8. Полищук, А.И. Проектирование армогрунтовых конструкций [Текст] / А.И.Полищук. – М.: МАДИ, 2018.
9. Bowles J.E. Foundation Analysis and Design. – McGraw-Hill, 1996.
10. Duncan J.M., Wright S.G. Soil Strength and Slope Stability. – Wiley, 2005.

УДК 687.01:004

**Г.М. Абдулаева, К.Н. Повеквечнова**  
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**Abdulaeva G. M., Povekvechnova K.N.**  
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic  
povekvechnova@gmail.com

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ CLO3D И GRAFIS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОКТЕЙЛЬНОГО ПЛАТЬЯ

### CLO3D ЖАНА GRAFIS ИННОВАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН КОЛДОНУП КОКТЕЙЛДИК КӨЙНӨКТҮ ДОЛБООРЛОО

#### APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES CLO3D AND GRAFIS IN THE DESIGN OF A COCKTAIL DRESS

*Бул макалада инновациялык технологиялык кездемелерди колдонуу менен коктейль көйнөгүн долбоорлоо жана көркөмдүк аспектилери каралат. Изилдөө CLO3D жана Grafis сыяктуу программаларды колдонуу аркылуу 3D моделдөөнү жана виртуалдык мисалдарды ишке ашырууну камтыйт. Жарыктануучу булактардын интеграциясы заманбап модада функционалдуулукту жана эстетикалык баалуулукту камсыз кылат.*

**Түйүндүү сөздөр:** инновациялык кездеме, жарыктануучу булак, CLO3D, Grafis, коктейль көйнөк, санариптик долбоорло.

*В статье рассматриваются инновационные технологии проектирования коктейльного платья с применением светящихся волокон. Работа основана на использовании цифровых программ CLO3D и Grafis, обеспечивающих 3D-моделирование и виртуальную примерку. Интеграция светящихся волокон позволяет достичь нового уровня выразительности и функциональности в модной индустрии.*

**Ключевые слова:** инновационные ткани, светящиеся волокна, CLO3D, Grafis, коктейльное платье, цифровое проектирование.

*This article discusses innovative technologies in the design of a cocktail dress using luminous fibers. The study is based on digital modeling tools such as CLO3D and Grafis, which enable 3D simulation and virtual fitting. The integration of luminous fibers provides new opportunities for expressiveness, aesthetics, and functionality in modern fashion design.*

**Key words:** innovative textiles, luminous fibers, CLO3D, Grafis, cocktail dress, digital design.

При рассмотрении различных методов инновационных технологий, мы обратили внимание на проектные исследования применения светящихся волокон в проектировании costume.

Таким образом, актуальность темы обусловлена возрастающим интересом к цифровым технологиям в индустрии моды, которые способствуют повышению эффективности процессов и позволяют создавать конкурентоспособную продукцию. Применение инноваций позволяет не только усовершенствовать дизайн и сократить сроки разработки, но и удовлетворить запросы потребителей, стремящихся к эксклюзивности и оригинальности.

Это направило нашу экспериментальную работу на решение задач и позволило сформулировать цель экспериментальной работы: разработать коктейльные платья с использованием инновационных технологий, объединяющих эстетическую привлекательность, функциональность и технологические возможности. Для реализации поставленной цели нам необходимо решить следующие задачи:

- Изучить современные направления моды и тренды в области проектирования вечерних платьев;
- Провести анализ и обзор литературы по применению цифровых технологий в модной индустрии;
- Рассмотреть историю и особенности применения технологии 3DLOOK в дизайне одежды;
- Разработать технологию проектирования вечерних платьев с использованием программного обеспечения CLO 3D и Grafis;
- Провести подбор материалов, подходящих для создания экспериментальных моделей;
- Выполнить апробацию и тестирование разработанных моделей, оценив их качество и функциональность;
- Предложить рекомендации по внедрению разработанных решений в производство.

На сегодняшний день современная мода развивается в направлении устойчивости, индивидуализации и активное внедрение инновационных технологий, включая светящиеся волокна. А также использование систем CLO3D и Grafis, которое обеспечивает точное моделирование, сокращает время разработки и способствует экологической эффективности производства.

При изучении современных исследований в работах (Huang, 2022; Hartanto, 2020; Jankoska, 2024; Коробцева, 2024; Kim, 2020; Pavliuk, 2022; Гетманцева, 2017; Губанова, 2021) мы выявили, что цифровые технологии CLO3D и Grafis активно применяются в проектировании одежды, позволяя достигать высокой точности моделирования и визуализации поведения тканей. Исследователи отмечают, что интеграция 3D-технологий и инновационных материалов способствует созданию уникальных изделий и сокращает производственные издержки. В разработке одежды демонстрирует, что данная тема изучалась как зарубежными, так и российскими исследователями, однако системного подхода к интеграции виртуального дизайна и светящихся материалов до сих пор не разработано. По мнению Хуан С. и Хуан Л., на примере пуховой куртки на основе clo3d позволяет создавать точную виртуальную примерку одежды на автаре а также проводить динамическую симуляцию тканей, что особенно важно для прогнозирования посадки и визуальных эффектов. По сравнению с аналогичными виртуальными системами в отрасли, процесс обработки информации в этой системе более интеллектуален, взаимодействие более естественное, а эффект подгонки более реалистичен. Они подчёркивают, что корректная настройка параметров тканей и виртуальная раскладка элементов модели обеспечивает предсказуемость формы и текстуры изделия [2, стр. 1].

Ким Дж. рассматривает возможности CLO3D для моделирования параметрических свойств тканей и оценки их физических характеристик. Он отмечает, что программное обеспечение позволяет экспериментировать в виртуальной среде, однако ограниченность точности симуляций требует внимательного выбора настроек и параметров [4, стр 22]. Авторы подчёркивают, что данный аспект особенно важен при интеграции инновационных материалов, таких как оптоволоконные элементы.

Гонг З. с коллегами проанализировав применение оптических волокон в носимой одежде, включая медицинские и fashion-продукты, отмечает, что светящиеся элементы могут быть встроены в текстиль различными способами, но требуют тщательного контроля распределения и ориентации волокон для обеспечения равномерного свечения [3]. Шен Дж. демонстрируют конкретные примеры интеграции световых элементов в ткани, подчёркивая необходимость совместимости физических свойств материалов и эстетических требований дизайна [7].

Анализ литературы показал, что практические и методические материалы по использованию CLO3D и Grafis в образовательном и производственном процессах рассматриваются в работах во многих зарубежных авторов. Авторы подчёркивают, что

использование виртуального моделирования позволяет сокращать отходы, ускорять разработку коллекций и обеспечивать более точное планирование лекал, однако отсутствует единая методика интеграции программного моделирования и инновационных материалов [4].

Таким образом, анализ трудов ведущих зарубежных и российских исследователей показывает, что методы 3D-моделирования и интеграции светящихся материалов рассматривались с разных сторон — технологической, художественной, образовательной и производственной. Однако никто из авторов не предложил системной методики, объединяющей виртуальное моделирование, планирование лекал и интеграцию светящихся элементов как единый процесс. Это создаёт необходимость проведения исследования, направленного на разработку последовательной и воспроизводимой методики, что и станет целью дальнейшей работы.

**Методы исследования.** В нашей работе мы применили аналитический и экспериментальный методы исследования. Аналитический метод использовался для обобщения данных научных источников, а экспериментальный — для практического проектирования коктейльного платья будет разработана коллекция с применением программы Grafis и CLO3D с применением инновационной ткани светящихся волокон. В данной работе применялись методы исследования, обеспечивающие комплексное изучение особенностей 3D-моделирования одежды с интеграцией светящихся материалов, с опорой на достижения современных зарубежных и российских авторов. Цель исследования состояла не только в описании процесса проектирования, но и в научном обосновании его эффективности, точности и художественной выразительности виртуальных прототипов.

**Аналитический метод** применялся для изучения и обобщения опыта разработчиков 3D-моделирования одежды и дизайнеров цифровой моды на основе анализа литературы и практических кейсов [1, 2, 3, 7, 4]. **Теоретические и исторические аспекты.** Учитывались работы Хуан С. и Хуан Л. («CLO3D-Based 3D Virtual Fitting Technology of Down Jacket») и Ким Дж. («A Preliminary Study Using CLO 3D Software»), которые раскрывают базовые принципы виртуальной примерки, параметризации тканей и моделирования движения волокон в цифровой среде. Анализ этих исследований позволил понять формирование современных подходов к виртуальному конструированию одежды и интеграции инновационных материалов [1, 2].

**Художественное и технологическое измерение.** Исследования Гонг З. с соавторами («Wearable Fiber-Optic Technology») и Шен Дж. («Luminous Fabric Devices for Wearable Low-Level Light Therapy») использовались для анализа методов внедрения светящихся элементов в текстиль и их влияния на визуальный эффект изделия. Это позволило составить целостное представление о современных подходах к интеграции эстетических и технологических характеристик одежды и выявить ключевые критерии правильного распределения световых элементов для достижения гармоничного визуального эффекта [3, 7]. **Российский опыт.** Материалы российских авторов и образовательных платформ по цифровому дизайну одежды предоставили данные о технологических и методических аспектах работы с CLO3D, включая построение лекал, параметризацию тканей и планирование коллекций. Это позволило составить целостное представление о практическом применении программного обеспечения в отечественной индустрии и определить особенности подготовки цифровых прототипов для интеграции инновационных материалов [4].

По мимо моего исследования о применении Grafis и CLO3D была также изучена ткань как дополнительный эксперимента. В ходе экспериментальной работы с тканью автор выявила следующие особенности и ограничения были использованы инновационные светящиеся материалы — светоотражающая радужная ткань, многоцветная RGB-светодиодная ткань и светящееся оптическое волокно. Применение этих материалов было обусловлено задачей расширить технологичность и усилить научную новизну работы. Указанные материалы отличаются повышенной чувствительностью к механическим воздействиям: их нельзя сгибать, перегибать или деформировать. Раскрой допустим только электронным ножом, который обеспечивает ровный край без повреждения токопроводящих дорожек, а также при исследовании показало, что кроить с такой ткани по лекалам нельзя так как можно легко задеть волокна. Строчка возможна исключительно по кромке, используя

специальные армированные нити, безопасные для “smart textiles”. В связи с этим светящиеся материалы применялись преимущественно в виде декоративных вставок и акцентных элементов, интегрируемых в более стабильную светоотражающую ткань, что позволило сохранить функциональность и визуальную целостность изделия.

**Практический эксперимент** реализовывался через поэтапное создание цифровых прототипов одежды. Но перед тем как начать выбираем размер и типовой размер а потом уже сам размер такие как 44 размер G170,2а, затем переносим CLO3D примеряем и моделируем на в 2D окне как по эскизу и выбираем ткань макетную для форм устойчивости взят флизелин в разделе ткань( **рис. 1**).

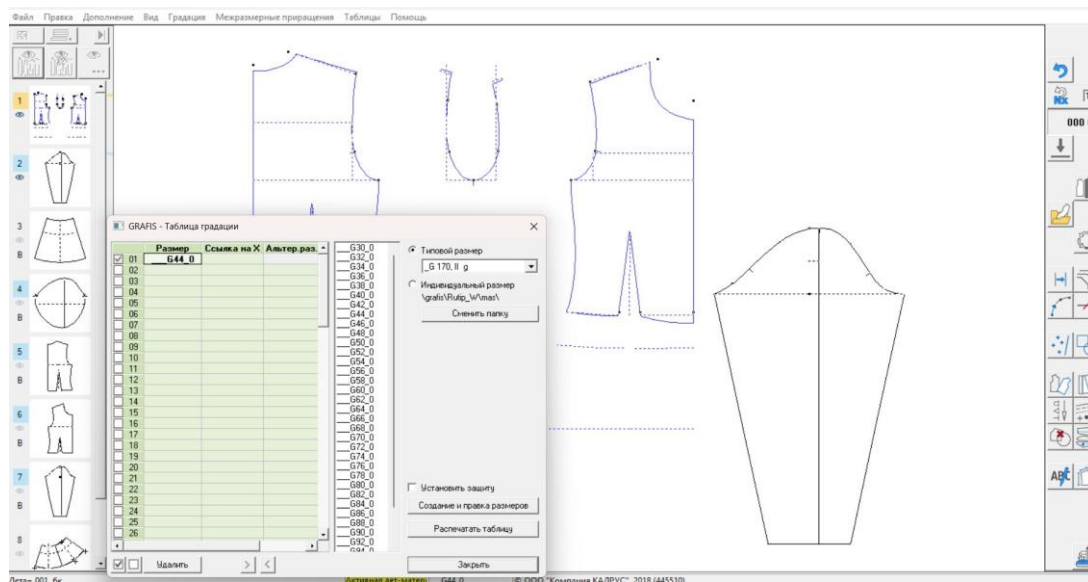


Рисунок 1 - Определение размеров и вызов базовых конструкции

После этого из CLO3D с помощью импорта выполнялось построение лекал в Grafis что позволяло точно определить размеры, форму и конструктивные элементы изделия. Затем модели переносились в CLO3D для симуляции ткани на макетную ткань для посадки, что позволило проверить эффективность методов моделирования и зафиксировать технологические особенности процесса (рис. 2).

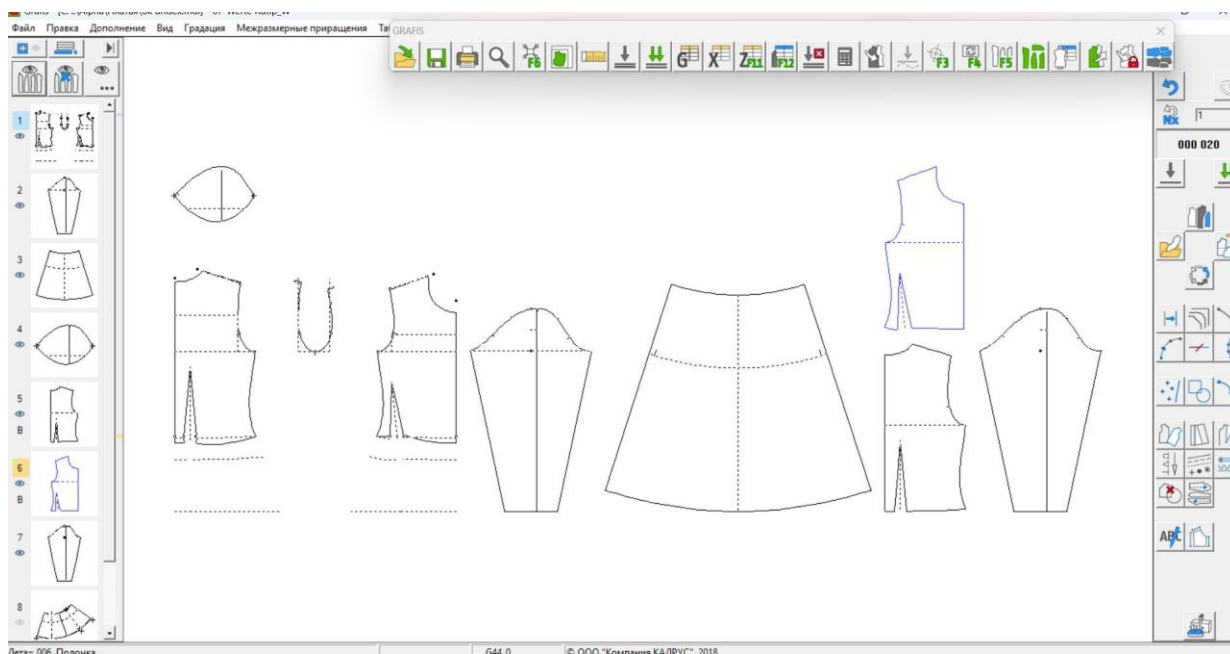


Рисунок 2 - Построение лекал в Grafise

**Последовательность этапов.** Опыт, описанный в литературе, использовался для обоснования порядка моделирования — от базовой формы и лекал до текстурирования и интеграции световых элементов. Строгое соблюдение последовательности обеспечивает точность посадки, предсказуемый визуальный эффект и совместимость материалов.

**Фиксация процесса.** В ходе эксперимента фиксировались параметры: свойства тканей (толщина, плотность, драпируемость ткани), настройки CLO3D для симуляции волокон, типы светящихся материалов и их расположение, яркость световых элементов и время моделирования каждого этапа. **Композиционный анализ** применялся для детального изучения визуальных эффектов светящихся элементов, их влияния на объем, глубину и читаемость дизайна, что позволяло оценить эстетическую выразительность и технологическую эффективность виртуального прототипа. **Прогнозирование эффекта.** Данный подход опирается на рекомендации авторов по виртуальному моделированию и проектированию smart textiles. Оценивалось, как выбор цвета, плотности и направления светящихся волокон влияет на визуальный результат и динамику световых эффектов (рис. 3), [3, 7].

**Метод сравнения** заключался в сопоставлении прототипов с системной интеграцией светящихся элементов и без нее, что позволило выявить преимущества комплексного подхода для достижения гармоничного и предсказуемого визуального результата. **Оценка качества** проводилась по таким параметрам, как точность посадки, симметрия, равномерность распределения световых элементов, реалистичность визуализации тканей и общая эстетическая выразительность изделия [2, стр 22].

**Результаты и обсуждение.** На основе интеграции программ CLO3D и Grafis была разработана цифровая модель коктейльного платья с применением светящихся волокон. В CLO3D произведено моделирование поведения ткани, настройка параметров драпируемости и визуализация световых эффектов (Рис. 3).

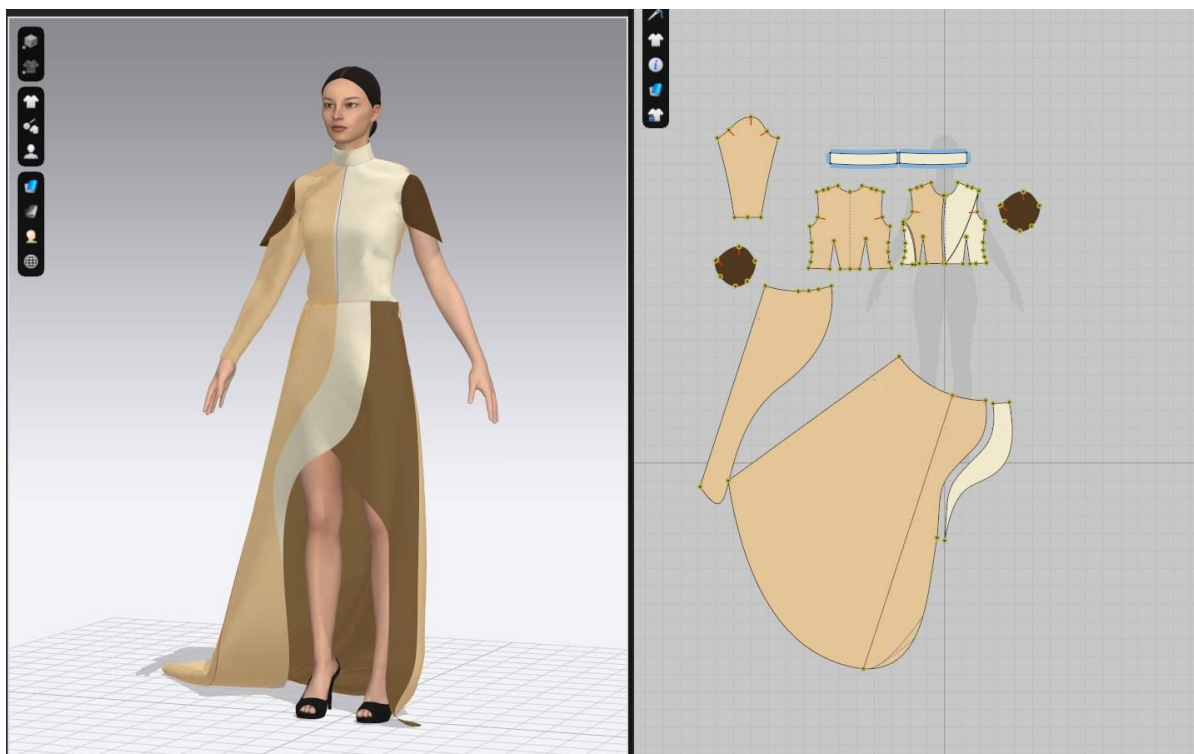


Рисунок 3 - Посадка и моделирование в программе CLO3D

Grafis обеспечил точное построение лекал и адаптацию конструкции под физические характеристики материала. Результаты показали, что использование цифровых инструментов сокращает количество пробных образцов на 40–60% и повышает точность посадки.

Интеграция инновационных тканей обеспечивает не только эстетическую выразительность, но и функциональные возможности — например, регулируемую подсветку.

Несмотря на то, что метод интеграции цифрового моделирования в CLO3D с построением лекал в Grafis активно применяется в швейной промышленности, его детальное описание в научной литературе практически отсутствует. Существующие публикации касаются отдельных аспектов — виртуальной примерки, симуляции тканей или внедрения светящихся элементов — однако комплексная поэтапная методика, объединяющая эти подходы, в статьях не представлена. Это подчеркивает актуальность и новизну проведенного исследования.

**Вывод.** Таким образом, новизна исследования заключается в интеграции современных программных средств моделирования в процесс проектирования коктейльного платья, что способствует созданию уникальных моделей и оптимизации технологических процессов.

**Практическая значимость** нашей магистерской работы заключается в возможности применения её результатов для разработки новых коллекций платьев. Интеграция светящихся волокон в проектирование коктейльных платьев открывает новые направления в технологическом и художественном развитии моды. Использование CLO3D и Grafis позволяет оптимизировать процесс разработки и повысить точность конструкции. Эксперимент подтвердил эффективность цифрового моделирования при работе с инновационными материалами. Полученные результаты могут быть использованы в учебном и промышленном проектировании одежды.

Использование CLO3D и Grafis позволило оптимизировать процесс разработки и повысить точность выполнения конструкции. Эксперимент подтвердил эффективность цифрового моделирования при работе с инновационными материалами. Полученные результаты могут быть использованы в учебном и промышленном проектировании одежды.

### Список литературы

1. Hartanto, S. Цифровизация построения одежды с использованием CLO3D [Текст] // Damoda. – 2020. – Т. 1, № 2. – DOI: 10.35886/damoda.v1i2.71.
2. Huang, S., Huang, L. CLO3D-ориентированная технология 3D-виртуальной примерки пуховика и исследование динамического поведения ткани [Текст] // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2022. – Ст. 5835026. – DOI: 10.1155/2022/5835026.
3. Jankoska, M., Stevkovska-Stojanovska, R., Donevska, A. 3D-виртуальная симуляция посадки одежды и драпировки тканей [Текст] // Creative Industry Trends and Innovations. – 2024. – DOI: 10.5937/ct\_iti24042j.
4. Kim, J., Choi, K. Совместное исследование по разработке динамического 3D-фэшн-дизайна с использованием цифровых технологий [Текст] // Proceedings of ITAA. – 2020. – DOI: 10.31274/itaa.12028.
5. Гетманцева В. В., Гусева М. А. Методика параметрического моделирования одежды из различных материалов в автоматизированной интеллектуальной среде [Текст] // *Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС*. 2017. № 3 (38). С. 215-225.
6. Губанова Н. В., Тарасова Т. В. Цифровые методы проектирования одежды с использованием программы CLO3D [Текст] // *Дизайн и технологии*. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
7. Коробцева, Н., Каршакова, Л., Обетковская, М. Разработка методологии цифрового показа [Текст] // *Бюллетень науки и практики*. – 2024. – № 10(2). – DOI: 10.33619/2414-2948/102/51.
8. Pavliuk, A., Kernesh, V. Использование цифровых технологий при проектировании женского платья [Текст] // *Herald of Khmelnytskyi National University*. – 2022. – Т. 315, № 6. – С. 163–169. – DOI: 10.31891/2307-5732-2022-315-6-163-169.

УДК 620.9:697.1:621.577

**Д.К.Калмурзаев, С.М.Насирдинова**

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова  
Энергетический институт Бишкек, Кыргызская Республика

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети  
Энергетика институту Бишкек шаары, Кыргыз Республикасы

**D.K.Kalmurzaev, S.M.Nasirdinova**

Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov  
Institute of Energy Bishkek, Kyrgyz Republic  
dlt.k02@mail.ru

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### ТУРАК-ЖАЙ ИМАРАТТАРЫНЫН ЭНЕРГИЯ ҮНӨМДҮҮЛҮГҮ ЖАНА ЖЫЛУУЛУК СИСТЕМАЛАРЫНЫН ЭКОНОМИКАЛЫК НАТЫЙЖАЛУУЛУГУНА ТААСИРИ

### ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND THE IMPACT OF HEATING SYSTEMS ON ECONOMIC PERFORMANCE

*Изилдөөнүн максаты турак-жай имараттарынын энергия натыйжалуулугун комплекстүү баалоо жана ар түрдүү жылытуу системаларынын экономикалык көрсөткүчтөргө тийгизген таасирин аныктоо болуп саналат. Макалада имараттын жылуулук жоготуулары, сырткы тосмо конструкциялардын жылуулук өткөрүмдүүлүк касиеттери жана ички микроклимат параметрлери эске алынып, энергия керектөө деңгээли талданды. Аналитикалык эсептөөлөрдүн негизинде салттуу казандык системалар, электр жылытуу жана жылуулук насостору салыштырылып, алардын жылдык эксплуатациялык чыгымдары жана шарттуу экономикалык натыйжалуулугу аныкталды. Изилдөө көрсөткөндөй, жылытуу системасынын техникалык мүнөздөмөлөрү жана пайдалануучу энергия булагы имараттын жалпы чыгымдарына олуттуу таасир этет. Натыйжада энергия үнөмдөөчү чечимдерди колдонуу эксплуатациялык чыгымдарды кыскартууга жана турак-жай секторунун туруктуу өнүгүүсүн камсыз кылууга мүмкүндүк берери негизделди.*

**Түйүндүү сөздөр:** турак-жай имараттары, энергия натыйжалуулугу, жылытуу системасы, жылуулук жоготуулары, жылуулук өткөрүмдүүлүк, эксплуатациялык чыгымдар, экономикалык баалоо, энергия керектөө, жылуулук насосу.

*Цель исследования заключается в комплексной оценке энергоэффективности жилых зданий и анализе влияния различных отопительных систем на показатели их экономической эффективности. В работе учтены теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, уровень теплопотерь, параметры внутреннего микроклимата и особенности эксплуатации оборудования. На основе расчетных моделей проведено сравнение традиционных котельных систем, электрического отопления и тепловых насосов с определением удельного теплопотребления, годовых затрат на энергоресурсы и ориентировочного срока окупаемости. Установлено, что тип отопительной системы и*

применяемый энергоноситель оказывают существенное влияние на структуру эксплуатационных расходов и общий уровень энергопотребления здания. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения энергоэффективных технологий в жилищном строительстве с целью снижения затрат и повышения экономической устойчивости объектов.

**Ключевые слова:** жилые здания, энергоэффективность, отопительная система, теплопотери, теплотехнические расчёты, энергопотребление, эксплуатационные затраты, экономическая эффективность, тепловой насос.

*The purpose of the study is to provide a comprehensive assessment of the energy efficiency of residential buildings and to analyze the impact of different heating systems on their economic performance. The research considers thermal characteristics of building envelopes, heat losses, indoor microclimate parameters, and operational conditions of heating equipment. Based on analytical calculations, a comparative evaluation of conventional boiler systems, electric heating, and heat pumps was carried out, including specific heat consumption, annual energy costs, and estimated payback periods. The study demonstrates that the selected heating system and type of energy carrier significantly influence operational expenditures and overall energy consumption of the building. The results confirm the feasibility of implementing energy-efficient technologies in residential construction to reduce long-term costs and improve economic sustainability.*

**Key words:** residential buildings, energy efficiency, heating system, heat losses, thermal performance, energy consumption, operational costs, economic efficiency, heat pump.

**Введение.** В условиях роста энергопотребления и повышения тарифов на энергоресурсы проблема рационального использования тепловой энергии в жилищном секторе приобретает особую актуальность. Значительная часть жилых зданий, эксплуатируемых на территории Кыргызской Республики, характеризуется повышенными теплопотерями вследствие износа ограждающих конструкций, недостаточной теплоизоляции и использования морально устаревших отопительных систем. Это приводит к увеличению эксплуатационных расходов и снижению общей экономической эффективности зданий.

Современные требования к строительству ориентированы на снижение удельного энергопотребления и внедрение энергоэффективных инженерных решений. При этом выбор типа отопительной системы играет ключевую роль, поскольку именно отопление формирует основную долю энергозатрат в структуре коммунальных расходов жилых объектов. В условиях континентального климата и значительной продолжительности отопительного периода вопросы оптимизации систем теплоснабжения приобретают не только экономическое, но и социальное значение.

Целью исследования является оценка энергоэффективности жилых зданий и определение влияния различных отопительных систем на показатели их экономической результативности.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- провести анализ теплотехнических характеристик жилых зданий;
- определить уровень теплопотерь ограждающих конструкций;
- выполнить сравнительную оценку различных систем отопления;
- рассчитать удельное теплопотребление и годовые эксплуатационные затраты;
- определить экономическую целесообразность применения энергоэффективных решений.

Теоретическая значимость работы заключается в уточнении взаимосвязи между теплотехническими параметрами зданий и экономическими показателями эксплуатации отопительных систем. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования полученных результатов при проектировании и модернизации систем теплоснабжения жилых зданий, а также при обосновании выбора наиболее рационального варианта отопления с учётом региональных условий.

**Обзор литературы.** Повышение энергоэффективности зданий в последние десятилетия рассматривается как приоритетное направление устойчивого развития строительной отрасли и энергетики. По данным Международного энергетического агентства (IEA), здания формируют значительную долю конечного энергопотребления, причём в странах с холодным и резко континентальным климатом основная часть затрат связана с отоплением [5]. Это обуславливает необходимость совершенствования теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и повышения эффективности систем теплоснабжения.

В зарубежных исследованиях подчёркивается, что снижение энергопотребления достигается за счёт комплексного подхода, включающего повышение сопротивления теплопередаче ограждений, снижение инфильтрационных потерь и применение энергоэффективного оборудования [2]. В работе Pérez-Lombard и соавт. показано, что оптимизация теплотехнических параметров здания в сочетании с рациональным выбором инженерных систем позволяет существенно сократить удельное энергопотребление [6].

Сравнительный анализ традиционных котельных установок и альтернативных систем отопления, включая тепловые насосы, представлен в обзоре Hepbasli и Kalinci, где подчёркивается необходимость учёта климатических условий и коэффициента преобразования энергии (COP) при оценке эффективности тепловых насосов [4]. При этом экономическая целесообразность их применения определяется не только энергетическими показателями, но и капитальными затратами и сроком окупаемости.

В отечественных исследованиях, выполненных применительно к условиям Кыргызской Республики, рассматриваются вопросы повышения тепловой защиты жилых зданий с учётом регионального климата. Так, в статье Супуевой и соавт., опубликованной в журнале «Известия КГТУ», анализируется влияние теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на энергопотребление жилого дома в условиях города Бишкек [8]. Авторы обосновывают необходимость комплексного подхода к оценке тепловой защиты с учётом местных климатических факторов.

Вместе с тем в научной литературе остаётся недостаточно проработанным вопрос интеграции теплотехнического и экономического анализа при выборе отопительных систем для жилых зданий в условиях Центральной Азии. В большинстве исследований энергетические показатели и экономическая эффективность рассматриваются отдельно, что ограничивает возможность принятия обоснованных инженерных решений. Данное обстоятельство обуславливает необходимость проведения комплексной оценки влияния типа отопительной системы на экономическую эффективность жилых зданий.

**Теоретической базой работы** послужили положения строительной теплофизики и теории теплообмена, а также нормативные документы, регламентирующие расчёт тепловой защиты зданий. В соответствии с действующими стандартами, энергоэффективность здания определяется как способность обеспечивать нормативные параметры микроклимата при минимальном расходе энергетических ресурсов в течение расчётного срока эксплуатации [7].

Ключевым показателем энергоэффективности является удельное теплопотребление, отражающее количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопотерь через ограждающие конструкции и поддержания заданной температуры внутреннего воздуха [3]. Данный показатель зависит от коэффициента теплопередачи ограждений, площади остекления, инфильтрационных потерь и продолжительности отопительного периода.

Экономическая оценка отопительных систем основывается на расчёте годовых приведённых затрат, включающих капитальные вложения и эксплуатационные расходы. При сравнении альтернативных систем учитываются коэффициент полезного действия котлов и коэффициент преобразования энергии (COP) тепловых насосов, а также стоимость энергоресурсов [1]. Такой подход позволяет определить рациональный вариант отопления с учётом как энергетических, так и экономических показателей.

**Методы и материалы.** Объектом исследования принято типовое жилое здание, расположенное в климатических условиях города Бишкек. В расчётах использованы нормативные показатели температуры наружного воздуха, продолжительности отопительного периода и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

Исходными данными послужили площадь отапливаемых помещений, коэффициенты теплопередачи стен, покрытия и окон, расчётная внутренняя температура воздуха, а также действующие тарифы на энергоресурсы.

Расчёт теплопотерь выполнен по формуле теплопередачи с учётом площади ограждений и разности температур внутреннего и наружного воздуха. На основе полученных данных определено годовое теплопотребление и удельный расход тепловой энергии.

Проведено сравнительное моделирование трёх вариантов отопления: газовый котёл, электрическая система и тепловой насос. Для каждого варианта рассчитаны годовое энергопотребление, эксплуатационные расходы и ориентировочный срок окупаемости.

Экономическая оценка основана на определении совокупных затрат, включающих капитальные вложения и эксплуатационные расходы. Полученные результаты сопоставлены методом сравнительного анализа для выявления наиболее рационального варианта отопительной системы.

### **Результаты.**

Для расчёта приняты следующие исходные параметры:

- площадь отапливаемых помещений – 150 м<sup>2</sup>;
- расчётная внутренняя температура – +20 °С;
- средняя температура отопительного периода – –2 °С;
- продолжительность отопительного периода – 180 суток (4320 ч) [7].

Средний коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций принят в соответствии с нормативными требованиями к жилым зданиям [7]. Расчёт теплопотерь выполнен по формуле теплопередачи.

Расчётная тепловая нагрузка здания определена на основе суммарных теплопотерь через ограждающие конструкции и инфильтрацию воздуха по формуле:

$$Q = \sum (U_i \cdot A_i \cdot \Delta T)$$

При расчёте приняты следующие параметры:

- Средний приведённый коэффициент теплопередачи ограждений: **U<sub>ср</sub> = 0,6 Вт/(м<sup>2</sup>·°С)**
- Суммарная приведённая площадь ограждающих конструкций (с учётом коэффициентов приведения) составила  $A \approx 1120$  м<sup>2</sup>.
- Расчётная разность температур:  $\Delta T = 20 - (-2) = 22$  °С

Тогда:

$$Q = 0,6 \cdot 1120 \cdot 22$$

$$Q \approx 14784 \text{ Вт} \approx 14,8 \text{ кВт}$$

Таким образом, расчётная тепловая нагрузка здания составляет **14,8 кВт**, что соответствует диапазону значений для индивидуальных жилых домов аналогичной площади в условиях г. Бишкек.

В результате расчётов получена суммарная расчетная тепловая нагрузка здания:

$$Q_{0T} \approx 14,8 \text{ кВт}$$

Годовое теплопотребление составило:

$$Q_{\text{год}} \approx 28\,500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Удельное теплопотребление:

$$190 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$$

Полученное значение соответствует диапазону для типовых жилых зданий без глубокой термомодернизации [6].

На основании рассчитанного годового теплотребления проведена оценка трёх вариантов отопления:

1. Газовый котёл (КПД 0,9)
2. Электрическое отопление (КПД  $\approx 1,0$ )
3. Тепловой насос (COP = 3,0) [4]

Расчёт годового энергопотребления

Газовый котёл:  $28\,500 / 0,9 = 31\,667$  кВт·ч

Электрическое отопление: 28 500 кВт·ч

Тепловой насос:  $28\,500 / 3 = 9\,500$  кВт·ч

При условных средних тарифах: электроэнергия – 2,16 сом/кВт·ч; газ – 1,5 сом/кВт·ч (эквивалент)

Получены годовые эксплуатационные расходы:

Газовый котёл:  $\approx 47\,500$  сом

Электроотопление:  $\approx 61\,560$  сом

Тепловой насос:  $\approx 20\,520$  сом

Несмотря на более высокие капитальные вложения, тепловой насос демонстрирует наименьшие эксплуатационные затраты. Расчётный срок окупаемости по сравнению с электрическим отоплением составляет 4–6 лет.

Полученные результаты подтверждают выводы зарубежных исследований о высокой энергетической эффективности тепловых насосов при соответствующих климатических условиях [4], а также согласуются с данными о влиянии теплотехнических характеристик здания на энергопотребление, приведёнными в работе отечественных авторов [8].

Результаты сравнительного анализа годового энергопотребления и эксплуатационных расходов приведены в таблице 1.

**Таблица 1 - Сравнительные показатели отопительных систем**

Показатель	Газовый котёл	Электроотопление	Тепловой насос
Годовое энергопотребление, кВт·ч	31 667	28 500	9 500
Эксплуатационные расходы, сом/год	47 500	61 560	20 520
Ориентировочный срок окупаемости	3–4 года	–	4–6 лет

Источник: расчёты автора на основе [6], [4].

Как видно из данных таблицы 1, наименьшие эксплуатационные затраты характерны для системы с тепловым насосом, что обусловлено более высоким коэффициентом преобразования энергии. При этом электрическое отопление демонстрирует наибольшие годовые расходы вследствие прямого преобразования электроэнергии в тепловую. Газовый котёл занимает промежуточное положение по уровню затрат. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии типа отопительной системы на структуру эксплуатационных расходов жилого здания.

**Обсуждение.** Полученные результаты показали, что при годовом теплотреблении 28 500 кВт·ч наибольшие эксплуатационные затраты характерны для электрической системы отопления, тогда как минимальные расходы обеспечиваются при использовании теплового насоса. Это обусловлено различиями в коэффициенте преобразования энергии и принципах работы оборудования.

Результаты исследования согласуются с выводами Pérez-Lombard и соавт. [6], которые отмечают, что оптимизация инженерных систем оказывает более существенное влияние на снижение энергопотребления, чем изолированное повышение тепловой защиты ограждающих конструкций. В представленной работе подтверждено, что даже при неизменных теплотехнических параметрах здания выбор отопительной системы существенно влияет на структуру эксплуатационных затрат.

Сходные выводы приведены в обзоре Nerbasi и Kalinci [4], где показано, что тепловые насосы демонстрируют высокую энергоэффективность при коэффициенте преобразования энергии выше 2,5–3,0. В нашем расчёте при COP = 3,0 годовое

энергопотребление снижается более чем в три раза по сравнению с прямым электрическим отоплением, что подтверждает теоретические положения о преимуществах тепловых насосов в условиях умеренно-холодного климата.

В статье Супуевой и соавт. [8], выполненной для условий города Бишкек, основное внимание уделено повышению тепловой защиты ограждающих конструкций. В отличие от данной работы, где акцент сделан на выборе отопительной системы, результаты показывают, что даже при нормативных показателях тепловой защиты экономический эффект может существенно различаться в зависимости от типа применяемого оборудования. Таким образом, представленные данные дополняют отечественные исследования, расширяя их экономическим аспектом.

Различия в величине экономического эффекта по сравнению с зарубежными исследованиями могут объясняться особенностями тарифной политики и структуры энергоснабжения региона. В странах с более высокой стоимостью электроэнергии срок окупаемости тепловых насосов может быть больше, тогда как в условиях действующих тарифов Кыргызской Республики экономическая эффективность проявляется более выражено.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования при проектировании и модернизации систем теплоснабжения индивидуальных жилых домов. Проведённый анализ позволяет обосновать выбор отопительного оборудования не только с позиции энергетической эффективности, но и с учётом экономической целесообразности в региональных условиях.

**Заключение.** В ходе исследования проведена комплексная оценка энергоэффективности типового жилого здания в условиях города Бишкек и выполнено сравнение трёх вариантов отопительных систем. Определена расчётная тепловая нагрузка здания, установлено годовое теплотребление и рассчитаны эксплуатационные расходы для газового котла, электрического отопления и теплового насоса.

Результаты показали, что выбор типа отопительной системы оказывает существенное влияние на экономическую эффективность эксплуатации жилого здания. Наименьшие годовые затраты получены при использовании теплового насоса, что обусловлено более высоким коэффициентом преобразования энергии. Электрическое отопление характеризуется наибольшими эксплуатационными расходами, несмотря на простоту реализации.

Полученные данные подтверждают целесообразность интегрированного подхода к оценке энергоэффективности, учитывающего как теплотехнические параметры здания, так и экономические показатели работы отопительного оборудования.

Перспективы дальнейших исследований связаны с уточнением расчётных моделей с учётом фактических эксплуатационных данных, сезонной динамики температур и изменения тарифов на энергоресурсы, а также с анализом энергоэффективности многоквартирных жилых зданий.

### Список литературы

1. Афанасьев, В.Н. Экономика энергетики [Текст] / В.Н. Афанасьев. – Москва: Энергоатомиздат, 2017. – 320 с.
2. Fang, M. A systematic literature review on energy efficiency analysis of building energy management [Текст] / M. Fang, J. Wei, S. Zhang и др. // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – № 2. – p. 1–18.
3. ГОСТ Р 55656–2013 (ИСО 13790:2008). Энергетические характеристики зданий. Метод расчета энергопотребления на отопление и охлаждение [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 52 с.
4. Hepbasli, A. A review of heat pump water heating systems [Текст] / A. Hepbasli, Y. Kalinci // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol. 13. – № 6–7. – p. 1211–1229.

5. International Energy Agency. Energy Efficiency 2022 [Текст]. – Paris: IEA, 2022. – 528 p.
6. Pérez-Lombard, L. A review on buildings energy consumption information [Текст] / L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout // Energy and Buildings. – 2008. – Vol. 40. – № 3. – p. 394–398.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий [Текст]. – Москва: Минрегион России, 2012. – 98 с.
8. Супуева, А.С. Повышение уровня тепловой защиты жилого дома в условиях города Бишкек с учетом использования солнечной энергии [Текст] / А.С. Супуева, А.Ч. Орозобекова, А.Н. Нурбеков, Ж.Т. Жумалиев // Известия КГТУ. – Бишкек, 2025. – № 4(76). – С. 1167–1173.

УДК 72:69:699.8

**Б. С. Матозимов, Ж.М. Досалиева, А.З. Турганбаев, Б.Д. Сарыпбеков**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

**B. S. Matozimov, Zh.M. Dosalieva, A.Z. Turganbaev, B.D. Sarypbekov**  
Razzakov University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
matozimov67@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

### **КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ШАРТТАРЫНДА ЭНЕРГИЯНЫ ҮНӨМДӨӨНҮ ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУ ТУРАК ЖАЙЛАРДЫН ТОСУУЧУ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ИЗИЛДӨӨ**

### **RESEARCH OF ENCLOSING STRUCTURES OF EARTHQUAKE-RESISTANT RESIDENTIAL BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT ENERGY SAVING IN THE CONDITIONS OF THE KYRGYZ REPUBLIC**

*Бул макалада Кыргыз Республикасынын шарттарында турак-жай имараттарынын энергоэффективдүү жылуулуктан коргоосун аныктоо максатында дубалдардын тосуучу конструкцияларынын бир нече түрү каралат. Ошондой эле желдетилүүчү тосмо конструкцияларынын аркасында турак жай имараттарынын энергия керектөөсүн кантип азайтууга болорун талдайбыз.*

**Түйүндүү сөздөр:** энергияны үнөмдөө, тосмо конструкциялары, турак жай имараттары, энергияны үнөмдөө, энергияны керектөө, энергия сыйымдуулук, пассивдүү үй.

*В данной статье будут рассмотрены несколько видов ограждающих конструкций стен с целью выявления наиболее энергоэффективной теплозащиты жилых зданий в условиях Кыргызской республики. А также анализируем, как можно минимизировать энергопотребление жилых зданий благодаря вентилируемым ограждающим конструкциям.*

**Ключевые слова:** энергосбережения, ограждающие конструкции, жилые здания, энергоэффективность, энергопотребление, энергоёмкости, пассивный дом.

*This article will consider several types of enclosing wall structures in order to identify the most energy-efficient thermal protection of residential buildings in the Kyrgyz Republic. We also*

*analyze how energy consumption of residential buildings can be minimized due to ventilated enclosing structures.*

**Key words:** *energy saving, enclosing structures, residential buildings, energy efficiency, energy consumption, energy intensity, passive house.*

**Введение.** Энергосбережение, может быть, в основном реализовано благодаря внедрению соответствующих технологических решений от простых до более сложных. Вместе с тем даже самые простые и, тем не менее, затратно-эффективные проекты по обновлению зданий дают до 40% экономии энергии. Несмотря на эти возможности, объем инвестиций в энергоэффективные дома находится ниже уровня, который мог бы рассматриваться в качестве оптимального, что способствует увеличению разрыва по энергоэффективности между текущим потреблением энергии и оптимальным потреблением, которое можно обеспечить с использованием существующих затратно-эффективных методов и технологий. Такая ситуация обусловлена наличием барьеров и проблем в области внедрения энергоэффективных технологий. Ограниченность собственных энергетических ресурсов Кыргызской Республики, высокая стоимость энергоносителей, негативное влияние на окружающую среду, связанное с ее производством, - все эти факторы приводят к необходимости сокращения энергоемкости в секторе строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

**Цель исследования.** В данной статье будут рассмотрены несколько видов ограждающих конструкций стен с целью выявления наиболее энергоэффективной теплозащиты жилых зданий в условиях Кыргызской республики. А также анализируем, как можно минимизировать энергопотребление жилых зданий благодаря вентилируемым ограждающим конструкциям. Нормы КР по теплозащите. Согласно МСН, СНиП 23-01-99\* "Строительная климатология" минимальная температура в г.Бишкек составляет  $-28^{\circ}\text{C}$  в зимний период, а максимальная  $+42^{\circ}\text{C}$ . Относительная влажность самого холодного месяца 71%.

Минимальное сопротивление теплопередачи в условиях КР должна быть  $1.4\ 1,9\ \text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  согласно СНиП 23-02-2003\* (СП 50.13330.2012\* «Свод правил "Тепловая защита зданий"», 2012\* год).

**Материал и методы исследования.**

**Системы активного энергосбережения.** В настоящее время для достижения норм по теплозащите в непрозрачных наружных ограждающих конструкциях (стенах и крышах) используется значительный слой утеплителя, что в сегодняшних условиях не всегда экономически и энергетически целесообразно [1].

Именно поэтому в последние годы все большее внимание, в том числе и в нашей стране, уделяется новой идеологии, которая получила общее название «системы активного энергосбережения» (САЭ).

В общем случае к САЭ относятся системы, использующие вторичные энергоресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, а также авторегулирование при изменении условий – как снаружи, так и внутри зданий.

Несмотря на то, что САЭ появились не так давно, уже сегодня можно привести примеры зданий, построенных с использованием ряда технологий, входящих в эту идеологию.

**Зарубежная практика САЭ.** Одно из последних интересных зданий, возведенных с использованием системы активного энергосбережения, построено в Германии (рис. 1) на границе с Данией в г. Шлезвиг в конце 2011 года. Здание было построено с участием фирмы Schüco и задумывалось как полностью соответствующее определению пассивного дома. Кроме того, этот дом является частью программы Schüco «Концепция "2 градуса"»<sup>2</sup>, и применяемая в нем система термоактивных функциональных слоев (рис. 2) направлена на недопущение глобального изменения климата. Концепция здания состоит в том, что каждая

из стен оборудована четырьмя функциональными слоями (рис. 3). При этом слой с установленными фотоэлектрическими панелями является неподвижным, остальные могут перемещаться, заменяя или дополняя друг друга. Открывание и закрывание слоев происходит автоматически по заданной программе в зависимости от времени суток, погоды. Они также могут заменяться и в ручном режиме – по желанию обитателей.



Рисунок 1 - Пассивный дом с термоактивными стенами в г. Шлезвиг (Германия)

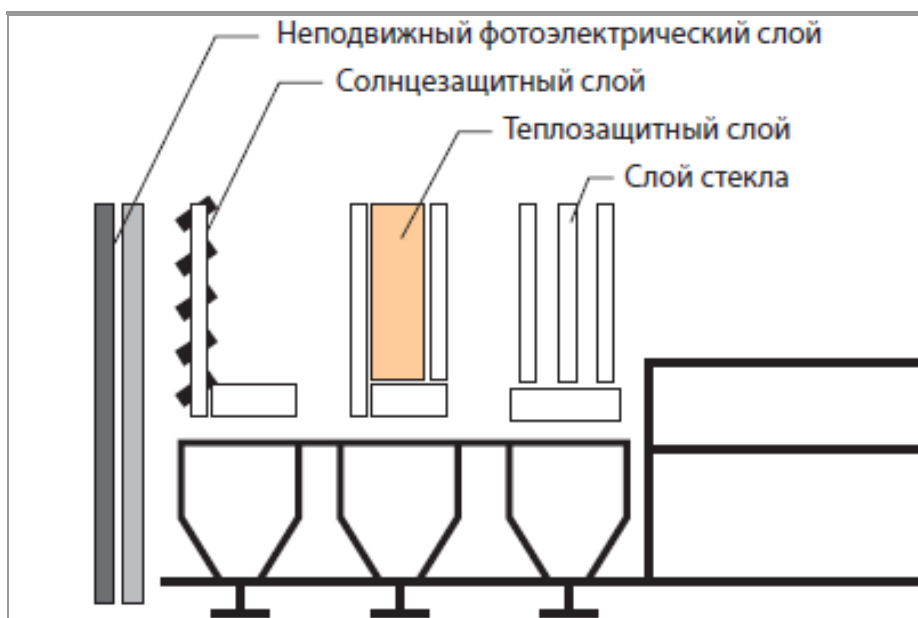


Рисунок 2 - Концепция сменных слоев



Рисунок 3 - Внешний вид: а) функциональные слои; б) неподвижный фотоэлектрический слой

Помимо указанных технологических новинок в здании применена децентрализованная система вентиляции с функцией рекуперации тепла, а также теплохладоаккумуляция с использованием материалов с фазовым переходом (рис. 4).

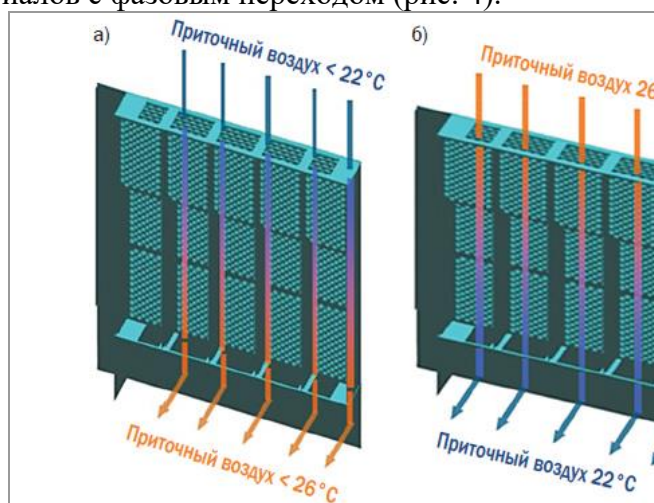


Рисунок 4 - Работа системы вентиляции:  
а) ночью; б) днем

В системе используется встроенная вентиляция с использованием материалов, которые могут за счет фазового перехода аккумулировать и отдавать тепло или холод. В процессе охлаждения в ночное время материалы с фазовым переходом охлаждаются до более низкого уровня температур и восстанавливаются (заряжаются). Днем холодные материалы с переходом фазы забирают энергию у поступающего теплого воздуха. За счет этого воздух охлаждается, а система с использованием материалов с фазовым переходом снова разряжается.

Используемая в здании специальная система фотоэлектрических панелей ProSol TF с перфорацией помимо выработки электроэнергии может пропускать в помещение естественный свет.

Помимо этого предусмотрена система мониторинга, контролирующая температуру и влажность воздуха, освещенность, содержание CO<sub>2</sub> и в соответствии с этим управляющая функциональными слоями. К сожалению, пока не опубликованы данные мониторинга эффективности этого здания. Однако представляется, что это сооружение гораздо ближе к системе активного энергосбережения, чем к классу пассивных зданий.

Пока говорить об окупаемости подобных пилотных проектов сложно, поскольку в них используются абсолютно новые концепции, технологии и материалы, которые при массовом производстве и применении становятся значительно дешевле.

### **Снижение теплопотерь старого жилого фонда**

В области строительства существует основная проблема – снижение теплопотерь из помещений зданий, построенных в нашей стране в прошлом веке. Они и морально, и физически устарели. Эти здания во всех климатических регионах страны, являются источником огромных энергетических потерь через ограждающие конструкции, а также за счет неэффективных инженерных систем.

В середине 2000-х годов в ряде регионов была запущена программа по реновации и санации жилых зданий, построенных в 60–70-е годы прошлого века. Основные работы предполагали повысить уровень теплозащиты стен за счет различных вариантов наружного утепления, замены или ремонта окон и некоторых коммуникаций. Предполагалось, что за счет этих мероприятий возможно снизить расходы на эксплуатацию жилых помещений на 25–30%.

К сожалению, мониторинг реконструированных домов показал значительно меньший энергетический эффект. Например по результатам обследований, проведенных госэкспертизой и другими заинтересованными организациями, снижение потребления энергии в них не превышало 10%. Это связано как с неудачными схемами реконструкции, качеством работ, так и с неэффективными дешевыми материалами и решениями, использованными при реконструкции.

Многолетний достаточно положительный опыт строительства энергоэффективных зданий и реконструкции существующих с применением некоторых технологий активного энергосбережения имеется в Республике Беларусь [5, 6]. В последние годы в этой стране реализовано довольно много интересных проектов, а с 2014 года (на основе наработанного опыта) началось массовое строительство подобных зданий и целых районов.

### **Разработка САЭ в КР.**

Основой данных предложений являются энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции (ЭВОК) с активной рекуперацией теплового потока, которые могут быть широко использованы для строительства, капитального ремонта и реконструкции зданий и сооружений с минимальным энергопотреблением.

Предлагаемые ограждающие конструкции фактически становятся приточными устройствами системы вентиляции с последующей активной рекуперацией тепла, ушедшего ранее в атмосферу через наружные ограждения зданий. Влажностный режим и теплотехническая однородность наружных ограждающих конструкций зданий также улучшаются.

Одно из наиболее актуальных направлений развития энергосбережения в строительной отрасли – создание ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты за счет активной рекуперации теплового потока. Производство таких изделий должно составлять основу строительной индустрии, а их применение позволит ускорить возведение объектов, снизить стоимость, повысить качество и долговечность зданий, а также комфортность микроклимата помещений [1-2].

Широкая номенклатура конструкций, выпускаемых отечественными предприятиями крупнопанельного домостроения, дает возможность проводить многовариантное

проектирование, использовать в массовом строительстве конструкции с очень высокими потребительскими свойствами: надежностью, долговечностью, экологичностью, эстетичностью. То же относится и к массовому малоэтажному жилищному строительству, которое очень активно развивается в настоящее время в городах и других поселениях КР.

Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции, утилизируя уходящее тепло, возвращают его в помещение, обеспечивая постоянный комфортный воздухообмен, удобны в эксплуатации и являются перспективными для обеспечения энергосбережения с использованием вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии.

По общим оценкам суммарное энергопотребление в отраслях экономики может быть сокращено на 13% за счет технических и организационных мероприятий, что может обеспечить экономию на уровне 550 тыс. т условного топлива до 2015 г. За счет модернизации существующего энергетического оборудования, внедрения энергосберегающих технологий можно получить до 25% экономии электроэнергии и около 15% тепловой энергии, что составляет 2000 млн. кВтч и 800 тыс. Гкал. В Кыргызстане существуют значительные разрывы между потребностями развития экономики и ее технологической поддержкой за счет собственных возможностей. Кроме того, одной из основных причин, вызывающих напряжение социально-политического состояния общества, является низкая энергетическая эффективность экономики, следствием чего являются значительные финансовые издержки бюджета и населения на удовлетворение потребностей в тепле и электрической энергии.

Сложная ситуация с водно-энергетическими ресурсами и тенденции развития мировой экономики предъявляют высокие требования к снижению энергоемкости не только за счет сокращения потерь энергоресурсов, но и в большей степени за счет внедрения высокоэффективных энергосберегающих технологий, внедрения прогрессивных норм. [1-5]

### **Заключение**

В соответствии с поставленными целями в данной работе мы провели анализ проблемы энергоэффективности и сейсмостойкости в малоэтажных жилых зданиях в условиях климата Кыргызской Республики, узнали, какие методы решения данных проблем существуют в традиционном и современном мировом строительстве, а так же создали концептуальную модель энергоэффективного малоэтажного жилого здания с учетом традиций кыргызского народа.

Мы узнали, что много конструктивных решений уже имеется в традиционной архитектуре, так как она является одной из самых экономичных решений, что немаловажно для жителей Кыргызской Республики. В ней использовалась стратегия 3М (местная технология, местные материалы и местная рабочая сила), что помогает сократить расходы энергетических и материальных ресурсов на 40 %. Так же в ней можно найти концепцию пассивного дома. Например, в традиционном здании Узбекистана стены устроены так, что днем они впитывают солнечную радиацию, чтобы ночью прогреть дом. Так же, дома окружены зелеными зонами, которые защищают жилье от городской пыли и шума, создавая благоприятный микроклимат в помещении.

Климат Чуйской области резко континентальный умеренного пояса. Для Чуйской долины внешние ограждающие конструкции здания должны быть хорошо изолируемы, без тепловых мостов, поэтому одним из приоритетных направлений энергосбережения в строительстве является использование эффективных теплоизоляционных строительных материалов и изделий.

Так же проблема опасных сейсмических условий в г. Бишкек обуславливаются близким нахождением Чон-Курчакского и Ысык-Атинского разломов. 90 % зданий в г. Бишкек построены по старым технологиям и нормам, но нормы и правила в строительстве КР уже не совсем актуальны для сегодняшней ситуации, поэтому было бы разумно обратиться к

зарубежным стандартам, которые придерживаются концепции «проектирования на основе критериев поведения или критериев эксплуатации».

В ходе анализа требований и предпосылок для строительства энергоэффективного ЭЖЗ малой и средней этажности выяснилось, что улучшения санитарно-экологических и энергетических качеств городской застройки можно достигнуть с помощью рационального размещения зданий. Важнейшей задачей является при этом выявление эффективности различных градостроительных приемов, планировки жилой застройки с целью регулирования ветрового режима, который поможет оздоровлению воздушного бассейна г. Бишкек. Для планирования городской среды разрабатываются и используются карты ветрового режима, которые составляются с помощью натуральных наблюдений, которые уточнения специфику ветрового режима в различных районах города. Получаемые материалы служат основой для разработки схемы функционального зонирования территории города, выбора мелиоративных мероприятий по улучшению аэрации городской территории в целом, а также отдельных районов города.

Анализ показал, что максимально энергоэффективное, сейсмостойкое здание в условиях Кыргызской Республики должно быть:

- здание должно быть малоэтажным или высота не должна превышать ширину;
- здание не должно быть жестко связано с грунтом, применение свай заглубленных фундаментов не допустимо;
- несущий каркас выполнен из дерева или стали;
- ограждающие конструкции заполнены монолитным лёгким бетоном.

На основе данных характеристик представлена модель ЭЖЗ, которая не только бы отвечала климатическим характеристикам Кыргызстана, но и традициям народа.

Энергосбережение в Кыргызской Республики имеет огромный потенциал, но барьеры (недостаток информации; недостаток мотивации; недостаток опыта финансирования проектов; недостаток организации и координации) мешают ему развиваться в полном объеме, но все же в последнее время появляется все больше организаций, активно продвигающих концепт энергоэффективности и энергосбережения в жилых зданиях.

### Список литературы

1. Исследование несущих и ограждающих конструкций зданий на основе вероятностных методов с учетом теплотехнических и сейсмических требований [Текст] / [Б.С.Матозимов].- Труды 2 международной МНПК – “Инновационные технологии и передовые решения” 15-17 мая, 2014, г.Бишкек. НИЖ №2/2014 (5) -С. 225-229.

2. Seismic section of buildings by seismic waves [Текст] / [Matozimov B.S., Ordobaev B.S., Kutuev M.D., Smirnov S. B. ].- Международной научно-практической конференции "ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АЗИИ, состояние, проблемы и перспективы", 25-26 июня 2014 года. Стр. 177-181. (Call for Papers – ИТРА 2014. Modern problems of application of IT in education, science and business. /June 25 -26 2014, Bishket, Kyrgyzstan)

3. Матозимов, Б.С. Архитектурно-строительная физика в сейсмостойком строительстве [Текст] Монография / Б.С.Матозимов, Б.С. Ордобаев – Б.: Айат, 2014. -160 с.

4. Ордобаев Б.С., Матозимов Б.С. Исследование проблем сейсмостойкости, сейсмозащиты, теплозащиты и шумозащиты зданий. Монография. – Б.:Айат, 2014. -176 с.

5. Матозимов, Б.С. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий в сейсмостойком строительстве [Текст] / Б.С. Матозимов. - Вестник КГУСТА. – 2014. - №3 (45, 2-том). - стр. 11-15.

**ИСХАК РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИНИН МАГИСТРАНТТАРЫ МЕНЕН СТУДЕНТТЕРИНИН  
ИЛИМИЙ ЭМГЕКТЕРИ**

Теориялык жана илимий-техникалык колдонмо журналы

**15-том №1 2026**

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ КЫРГЫЗСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИСХАКА  
РАЗЗАКОВА**

Теоретический и прикладной научно-технический журнал

**Том 15 №1 2026**

**PROCEEDINGS OF GRADUATE AND UNDERGRADUATE STUDENTS OF ISHAK  
RAZZAKOV KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

Theoretical and Applied Scientific and Technical Journal

**Vol. 15 №2 2026**

**Редактор: Г.А. Кабылбекова**

**Технический редактор М.М. Черикбаев**

Подписано к печати..... Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага офс. Печать цифр.  
Объем 24,5 Тираж 50 экз. Отпечатано в ОсОО ИД «Калем», г.Бишкек, ул. Курчатова, 69 т.  
0706-757610, 49-19-36, E-mail: kalem14@mail.ru www.kalem.com.kg