

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

# Известия

КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
имени И.Раззакова



Выпуск 4 (68) 2023

И.Раззаков атындагы  
КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИНИН

# Жарчысы

KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
[WWW.KSTU.KG](http://WWW.KSTU.KG)

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

И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ  
МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИНИН

## ЖАРЧЫСЫ

ТЕОРИЯЛЫК ЖАНА КОЛДОНМО  
ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК  
ЖУРНАЛ  
2023  
№4 (68)

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

Журналдын сайты: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>  
Электрондук почтасы: [journalkstu@gmail.com](mailto:journalkstu@gmail.com)

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

ISSN 1694-8335

Журнал Россиялык илимий цитата индексине  
катталган.

Журналга келген бардык материалдар көз  
карандысыз рецензиядан өткөрүлөт.

Басууга 15.11.2023 кол коюлду.  
Нускасы 50 даана.

«Калем» типографиясында басылып чыккан.

**Башкы редактор: М.К. Чыныбаев**, физ.-мат. и. к.  
доцент, И.Раззаков атындагы КМТУнун ректору  
Тел.: (312)54-51-25  
Электрондук почтасы: [rector@kstu.kg](mailto:rector@kstu.kg)

**Башкы редактордун орун басары: Б.Т.Төрөбеков** –  
т.и.д., профессор, КМТУнун илимий иштер  
проректору  
Тел.: (312)54-51-40  
Электрондук почтасы: [torobekov@kstu.kg](mailto:torobekov@kstu.kg)

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

## РЕДКОЛЛЕГИЯ МҮЧӨЛӨРҮ:

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

© И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик  
техникалык университети

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

## ИЗВЕСТИЯ

КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
им. И. РАЗЗАКОВА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ  
2023

№4 (68)

Теоретический и прикладной научно-технический  
журнал

Учредитель: Кыргызский государственный  
технический университет им. И.Раззакова  
Адрес редакции: 720044, Кыргызская Республика,  
город Бишкек, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66,  
каб.272.

Тел.: +996(312) 54-51-40

Сайт: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>  
email: [journalkstu@gmail.com](mailto:journalkstu@gmail.com)  
[journal@kstu.kg](mailto:journal@kstu.kg)

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

ISSN 1694-8335

Журнал зарегистрирован В Российском индексе  
научного цитирования

Материалы журнала проходит независимое  
рецензирование

Подписан в печать 15.11.2023

Тираж 50 экз.

Отпечатано в типографии «Калем»

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

Тел.: Тел.: (312)54-51-25

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

Заместитель главного редактора: **Б.Т. Торобеков**,  
доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной работе

Тел.: Тел.: (312)54-51-40

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

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

© Кыргызский государственный технический  
университет им. И. Раззакова, 2022

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

**JOURNAL**  
of KYRGYZ STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY  
named after I.RAZZAKOV  
THEORETICAL AND APPLIED  
SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL

2023

№4 (68)

Theoretical and Applied Scientific and Technical  
Journal

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

Editorial office address: 720044, Kyrgyz Republic,  
Bishkek city, No 66 Ch. Aitmatov Ave., room 272.

Tel.: +996(312) 54-51-40

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

email: [journalkstu@gmail.com](mailto:journalkstu@gmail.com)

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

ISSN 1694-8335

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

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

Deputy Chief Editor: B.T. Torobekov, Doctor of  
Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for  
Research  
Tel.: (312) 54-51-40  
E-mail: [torobekov@kstu.kg](mailto:torobekov@kstu.kg)

Executive secretary: A.B. Amankulova,  
tel.: 0550-660-442  
050-660-442

**EDITORIAL BOARD:**

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

The journal is published quarterly

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



## СОДЕРЖАНИЕ

### АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

- Насирдинова А. М., Азизбек кызы А.** Стратегический «мастер-план» как инструмент управления .....1651
- Омурканова А.К., Усенов С.Дж.** Особенности градостроительного проектирования в кыргызстане: международный опыт и отечественные реалии.....1657
- Кутуев М.Д., Муканбет к Э., Супибекова А. К.** Использование экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....1666

### ГОРНОЕ ДЕЛО

- Кабаев О.Д., Мааткеримова Б.С., Кабаев А.О., Малышев А.Ф.** Металлогенические особенности Сарыджазской подвижной зоны .....1673
- Пазылов Т.Ш., Коробовский Н.В., Рахматов С.Н., Курманалиев К.З.** Лицензионное и договорное право в горной отрасли Кыргызской Республики. Собственность права пользования недрами .....1681
- Пазылов Т.Ш., Коробовский Н.В., Рахматов С.Н., Курманалиев К.З.** Система горного права в Кыргызской Республике .....1688
- Тажобаев К.Т., Тажибаев Д.К.** Применение научных достижений для решения производственных и экологических проблем в Кыргызской Республике .....1698
- Тажобаев Д.К., Салиев А.Б., Тажибаев К. Т.** Расчет напряжений и устойчивости борта карьера Сары-Тор Кумторского месторождения .....1706
- Маймеков З.К., Самбаева Д.А., Шабданова Э.А., Сыдыков Ж.Д.** Обезвреживание отработанных органических масел в электротрансформаторах и снижение их техногенных нагрузок в окружающей среде.....1712

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Алексеев А. М., Кабаева Г. Дж.** ИJ-KY-0.1: набор данных для оценки качества векторных представлений слов кыргызского языка .....1723
- Абдимуталипова З.К., Курбаналиев А.Ы.** Моделирование распространения респираторных вирусных инфекций в пакете OPENFOAM .....1732
- Асан уулу Аскат.** Многослойная нейронная сеть для частотного анализа электростатического разряда в воздушной среде .....1738
- Дикарев Д.С., Дуйшеналиев Т.Б.** Программный комплекс для решения задач динамики систем сосредоточенных центров масс .....1746
- Колбаев Н.К., Тен И.Г.** Система автоматизации регрессионного тестирования для мобильного банкинга ОАО «Халык банк Кыргызстан» .....1753
- Искакова Н.Н., Тен И.Г., Мусина И.Р.** Оптимизация логистических процессов в подсистеме управления доставкой товаров.....1764

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Айдаралиев Ж. К., Кайназаров А. Т.** Базальт сырьесунан өтө ичке була өндүрүүнүн физика-химиялык жана технологиялык негиздер .....1773
- Асанов А.А., Джаманкызов Н.К., Мекенбаев Б.Т.** Расчетно-теоретическое исследование механизмов теплообмена в процессе пиролиза угля.....1780
- Рубаник В.В., Багрец Д.А., Рубаник В.В. (мл.), Урбан В.И., Лабецкий В.С.** Функциональные свойства TiNi сплава после ионно-плазменного и ультразвукового воздействия.....1789

## ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

<b>Кожогулов К.Ч., Воробьев А.Е., Султаналиева Р.М., Воробьев К.А.</b> Причины современной интернационализации ВУЗов Центрально-Азиатского региона .....	1796
<b>Курманалиева Р.А.</b> Дүйнөлүк адабият сабагында адеп-ахлак түшүнүгү.....	1801
<b>Озерова Н.В., Королев И.В.</b> Педагогические возможности электронного тестирования в современных условиях .....	1805
<b>Султаналиева Р. М., Тынышова А.М., Керменбаева Н.С.</b> Мектеп окуучуларынын физикалык олимпиадаларын уюштурууда маалыматтык инновациялык технологияларды колдонуу .....	1810

## ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

<b>Абдраманова Г.Б., Жакыпбек А.А., Зиябек А.Т., Буланбаева А. С.</b> Упругое рассеяние адронов на изотопах Не при промежуточных энергиях .....	1817
<b>Акназарова С.С.</b> LES моделин колдонуу менен турбуленттүү ички агымды моделдештирүү.....	1826
<b>Киреев О.Л., Холодов В.</b> Исследование влияния некруглости и геометрических размеров изделия при его контроле на вращающихся валках, используемых в инновационных технологиях по развитию и поддержанию горных экосистем.....	1831
<b>Рычков Б.А. Комарцов Н.М. Гончарова И.В. Кулагина М.А.</b> Модифицированный критерий прочности горных пород .....	1836

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<b>Арзиев М., Камилжан к. К.</b> Кыз-келиндердин улуттук кийимдериндеги оюмдарга жана орнаменттерге анализ .....	1845
--	------

## ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

<b>Аманов К.А., Касиев К.А., Кожобаев К.А., Молдогазиева Г.Т.</b> Ак-Түз кендигинин (руднигинин), Кичи Кемин өрөөнүндө жашаган адамдардын ден-соолугуна тийгизген терс таасирлери .....	1858
<b>Андреева К.А., Васильева А.А., Васьков А.Г.</b> Способы повышения эффективности существующих солнечно-дизельных комплексов .....	1864

## ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ

<b>Мешков С.А., Курочкин И.В.</b> Переход от сертификации к инспекции как способ уменьшения рисков и увеличения продуктивности компаний по сертификации .....	1873
<b>Шербекова А.А., Токталиева А.К.</b> Необходимость развития корпоративного управления в региональном строительстве Кыргызской Республики.....	1879

## АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.036: 711.111

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1651-1656

**А. М. Насирдинова<sup>1</sup>, А. Азизбек кызы<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>2</sup>«Бишкекглавархитектура» муниципалдык ишканасы, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1</sup>КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Муниципальное предприятие Бишкекглавархитектура, Бишкек, Кыргызская Республика,

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5583-6249

**A. M. Nasirdinova<sup>1</sup>, A. Azizbek kyzy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kyrgyz State Technical University n. a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>Municipal enterprise Bishkekglavarchitectura, Bishkek, Kyrgyz Republic

e-mail: Nasirdinovaa@mail.ru.

## СТРАТЕГИЧЕСКИЙ «МАСТЕР-ПЛАН» КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ

### СТРАТЕГИЯЛЫК «БАШКЫ ПЛАН» БАШКАРУУ КУРАЛ КАТАРЫ

### STRATEGIC “MASTER PLAN” AS A MANAGEMENT TOOL

Бул макаланын максаты – Кыргызстандын “жашыл” экономикасын өнүктүрүү программасын ишке ашыруунун куралы жана механизми катары стратегиялык “башкы пландын” концепциясын жана терминин бөлүп көрсөтүү. Маселе өнүгүү концепцияларынын өзгөрүшүндө, шаарды башкаруунун советтик куралдан пост-социалисттикке өтүү жолундагы тоскоолдуктарда. Актуалдуулук ниеттер менен алынган натыйжалардын ортосундагы карама-каршылыктар менен шартталган, бул Кыргызстандын калктуу конуштарынын башкы пландарынын 93%ы үчүн жок (эскирген) жана шаарлардын белгисиз архитектуралык чечимдери менен шаар куруу документтеринин учурдагы абалын чагылдырат, анткени алар коомдук мейкиндикте жарыяланбайт. Аларды стратегиялык башкы план сыяктуу инструмент аркылуу жарыялоого болот, бирок бүгүнкү күндө ал институционалдык жана методологиялык тоскоолдуктарга дуушар болуп, компетенттүүлүк деңгээлин теңдештирүү талап кылынат. Стратегиялык башкы план – бул бардык кызыкдар тараптарга багытталган, өз ара аракеттенүүнүн ар кандай механизмдери жана байланыш формалары бар түшүнүк, идеялар, артыкчылыктар, баалуулуктар. “Стратегиялык башкы план” шаар куруу документи же сөзсүз түрдө долбоор эмес.

**Түйүндүү сөздөр:** концепцияларды жана өнүгүү стратегияларын өзгөртүү, жашыл шаар, стратегиялык башкы план, “ачык процедуралар”, жаңы инструменттер.

*Цель данной статьи - осветить понятие и термин стратегического «мастер-плана» как инструмента и механизма реализации программы развития «зеленой» экономики Кыргызстана. Проблема заключается в смене концепций развития, в препятствиях на пути перехода от советских к постсоциалистическим инструментам управления городом. Актуальность обусловлена имеющимися противоречиями между намерениями и полученными результатами, что отражает современное состояние градостроительной документации с отсутствием (устаревшим) на 93% генеральных планов населенных пунктов Кыргызстана и неизвестными архитектурными решениями городов, поскольку они не объявляются в публичном пространстве. Их можно декларировать через такой инструмент, как стратегический мастер-план, но сегодня он сталкивается с институциональными и методологическими препятствиями и требует выравнивания уровней компетенций. Стратегический мастер-план – это концепция, идеи, приоритеты, ценности, направленные на все заинтересованные стороны, с различными механизмами*

*взаимодействия и формами коммуникации. «Стратегический мастер-план» не является градостроительным документом или обязательно проектом.*

**Ключевые слова:** смена концепций и стратегий развития, зеленый город, стратегический мастер-план, «прозрачные процедуры», новые инструменты.

*The purpose of this article is to highlight the concept and term of the strategic "master plan" as a tool and mechanism for implementing the program for the development of the "green" economy of Kyrgyzstan. The problem lies in the change in development concepts, in the obstacles to the transition from Soviet to post-socialist tools of city management. The relevance is due to the existing contradictions between the intentions and the results obtained, which reflects the current state of urban planning documentation with the absence (outdated) for 93% of master plans for settlements in Kyrgyzstan and unknown architectural solutions of cities, since they are not announced in public space. They can be declared through such a tool as a strategic master plan, but today it faces institutional and methodological obstacles and requires equalization of competency levels. A strategic master plan is a concept, ideas, priorities, values aimed at all stakeholders, with various mechanisms of interaction and forms of communication. The "Strategic master plan" is not an urban planning document or necessarily a project.*

**Key words:** change of concepts and development strategies, green city, strategic master plan, "transparent procedures", new tools.

**Актуальность темы** вызвана состоянием постсоциалистических городов, со сменой концепций и стратегий развития, которым трудно переходить на новые инструменты и механизмы управления территориями городов. В числе таких инструментов: Стратегия пространственного развития (на уровне города, ее разновидность - Стратегический мастер-план) является новым типом документации для Кыргызской Республики. Впервые, как термин и понятие трансформирован в раздел зеленый город «Программы развития «зеленой» экономики Кыргызской Республики на 2019-2023 годы», утвержденной постановлением Правительства от 14 ноября 2019 года № 605. СПР городов (к ним стратегические мастер-планы) дополняют, будут формировать основу Стратегии пространственного развития на национальном уровне (СПР КР), главного документа на территорию страны. **Цель данной статьи** - осветить понятие и термин «стратегический мастер план» как один из инструментов, механизмов реализации и отражения стратегии развития зеленой экономики Кыргызской Республики.

Стратегия пространственного развития разрабатывается в единстве со стратегией социально-экономического развития, либо отдельно, отражая его.

**Термин и понятие «стратегический мастер план»** в профессиональной среде европейских и американских городов обозначает то, что в советских источниках именовалось «территориально-пространственным планированием» или в широком смысле «архитектурно-градостроительной концепцией». Во многих бывших странах советского периода переломные моменты, а именно переход от централизованной к рыночной экономике по отраслевым направлениям, не происходили в логическом и теоретико-методологическом плане. Можно отметить, что такой переход происходит с большими задержками, куда относится и наша страна.

Анализ концепций, программ, планов, проектов, стратегических документов (174 государственно-стратегических документов по инвентаризации на 2019 год) показал, что для улучшения жизни в Кыргызской Республике ставились цели, задачи, принимались меры по реализации, но намерения и результаты, полученные в области архитектуры и градостроительства, оказались противоречивыми. Поэтому проекты по благоустройству, дизайну среды, или неустойчивости, связанные с ними экологические проблемы, темы и методы по определению потенциалов состояния и качество инфраструктуры городов, включая процент капитализации новых объектов, оценки их по матрицам индикаторов - не находят системных внедрений.

**Дискуссионность вопроса**, что важнее генеральный план или стратегический мастер-план, в большей степени вносит непонимание. Вопрос о том, когда нужен генеральный план и когда нужен стратегический мастер - план, до сих пор остается спорным на уровне нашей страны, хотя они являются хорошими взаимодополняющими инструментами. СПР КР на национальном уровне и стратегический мастер-план городов могут определить: нужен ли генплан по тем или иным территориям. В некоторых случаях, как например для городов Бишкек, Ош - практически застроенных можно предложить стратегический мастер-план. И первый вопрос, в чем отличие или сходство понятий генплана и мастер-плана – это также является до конца не выясненным на постсоветском пространстве. В настоящее время 99,9% специалистов, управленцев (вся страна) не перешли к современным методам проектирования, организации, управлению, администрированию территориально-пространственным развитием в рыночных условиях, в том числе к стратегическому мастер-плану.

**Почему возникли противоречия между намерениями и полученными результатами?** Например, генплан города Бишкек до 2025-го года, который выполнен на наивысшем профессиональном уровне реализован на 10%, но почему данный градостроительный документ не работает и стал носить рекомендательный характер? Во-первых, город быстро развивается, а такой тип документа, как генплан, по сути долгосрочная стратегия (до 25 лет) – в условиях рыночной экономики оказался, не гибким. Бишкек не смог утвердить несколько проектов детальной планировки генплана, так как гражданское общество подавало в суд и выигрывало, подает заявки на общественное обсуждение. Мы считаем, что причины с одной стороны банальны, а с другой не изучены. Сегодня формы общения между градостроителями и потребителями изменились, поскольку потребители теперь хотят участвовать в разработке проекта. Но, большая часть терминов пока не ясна даже специалистам, а более сложные проектные процедуры не включаются в проектно-сметную документацию. Нет инициатив от градостроителей по включению в смету проекта финансирование на соучаствующего проектирования со стейкхолдерами, известное в мире как минимум 50 с лишним лет. Из той самой популярной книги «Образ города» Кевина Линча, написанной 1960-м году, заложившего начало соучаствующего проектирования [1], [2]. Кевин Линч исследуя как городская среда влияет на человека, использовал историю, время, восприятие формы в качестве концептуальной основы города.

Зарубежные страны с рыночной экономикой «мастер-планами» называют стратегии пространственного развития городов, комплексного, и отраслевого характера. Мэры городов объявляют о стратегиях городского развития, которые были согласованы с общественностью в ходе ряда мероприятий, и в дополнение они также предоставляют инструмент совместного участия со стейкхолдерами. Мы знаем, что, например, мэр города Торонто решил «убить умный город навсегда» — люди не хотят жить в технологической среде, лишаящей жителей приватности [3]. То есть стратегический мастер-план выступает инструментом политического заявления – мэр объявляет определенные приоритеты для города, основываясь на исследованиях, трендах, политике и т.п.

Стратегию каждого города разрабатывает большое количество экспертов, не только архитекторы, инженеры, экономисты, а также экологи, педагоги, социологи, IT-ники и т.п. параллельно и согласованно. Преимущества таких подходов к проектированию и планированию очевидны, как доказал опыт городов зарубежных стран.

Иногда местные политики имитируют и тоже объявляют запреты или какие-то ценности, но лично от своего имени для всех, не подозревая, что заявления требуют обоснования, согласования, обсуждения с широким кругом заинтересованных лиц.

Отметим, что инструменты и механизмы советского периода проектирования вступили в противоречие между намерением и их реализацией со следующими факторами, как изменение: - парадигмы научно-методических исследований; - терминологического и понятийного аппарата; - а также из-за отсутствие архитектурных концепций территориально - пространственного развития, вернее инструментов и механизмов их заявления.

Кроме того, вышеперечисленные инструменты являются важными компонентами социальной коммуникации. Типы коммуникаций, широко охватывающие социальные слои, позволяют градостроителям, архитекторам учитывать, привлекать многоуровневые интересы и предотвращать негативные последствия при разработке проекта. Как показывает опыт Бишкека, митинги стали основными видами коммуникации по развитию инфраструктуры, при отсутствии вышеперечисленного. В следствие чего в разные годы случались конфликтные ситуации по проектированию тех или иных инфраструктурных проектов, которые и приводили к митингам, так как других форм коммуникаций между заинтересованными сторонами не предлагались. Например, таких, как организация семинаров по проектированию каких-либо объектов для неподготовленной аудитории или подписание "документов общественного согласия", «сценарии развития объекта», апробированных в российских городах на основе опыта европейских архитекторов. В результате таких процедур проектирования возникли новые профессии, о которых также не рассматривалось в нашей стране.

Вопрос о мастер-плане для наших городов и сел возможно очень актуальный и в социальном плане, потому что содействует и формирует «проектное мышление», немаловажное для развития градостроительной культуры, как одной из форм социальной коммуникации. Опыт ведущих главных архитекторов городов мира показывает, что в стратегических мастер-планах заложено большое количество «документов общественного согласия», «диалогов» с горожанами по проектированию города, с учетом их интересов, соучастия и согласия на изменение городской среды, особенно если проектом меняется в лучшую или в худшие стороны.

Следующий важный компонент – это экономический компонент стратегического мастер-плана, который состоит в продвижении его на финансирование, привлечение средств для реализации концепций, идей, приоритетов города. Об этом мы ранее указывали и приводили примерную логическую связь в общей иерархической системе стратегий [4].



Рис. Предлагаемая логическая схема государственного стратегического планирования с учетом СПР разных уровней.

Рис.1. Иерархическая связь логической схемы с принципами финансирования проектов.  
Схема составлена авторами

Преимуществом в данном контексте можно отметить «прозрачность» предлагаемой логической схемы мастер-плана, что важно в условиях экономики, пытающейся бороться и преодолеть коррупционные процедуры. В рисунке 1. показываем иерархическую связь логической схемы с принципами финансирования проектов. В настоящее время такой логической или иной схемы развития не предлагается, хотя стратегии в соседних странах, таких как Казахстан, оптимизируются таким образом.



Пространственно-планировочное развитие города корректируется ликвидностью, рентабельностью экономики, что влияет на функциональную связь и необходимость введения новых процедур регулирования, планирования, которые требуют новых методологических подходов, в исследованиях, обучении, информировании и затем корректировки в нормативно-правовых актах. С этим же процессом связаны, большое количество не адаптированных нормативно-технических документаций в стране.

Но, наряду с многочисленными текущими, оперативными и будущими стратегическими проблемами, мы должны найти инструменты, с помощью которых они будут уведолены и станут приоритетом для решения на всех уровнях, в том числе через такой инструмент, как стратегический мастер-план.

Оперативные управления городом с каждым годом только усиливаются, так износ инфраструктуры в значительной степени, от 50 до 90% естественным образом отвлекают на их решения и препятствует к выходу более-менее запланированных стратегий развития. К сожалению, доказать наше утверждение нетрудно. Проблемы со смогом, с питьевой водой, пробками на дорогах, нехваткой общественного городского транспорта, развитием городов «вширь», распространением их в экокаркас, невольным уничтожением пашни и т.д. Перечисленных нестабильностей, нарастающих быстрыми темпами, так же быстро решают, но попутно создавая новые препятствия.

Таким образом, логический подход заключается в том, чтобы создать «собственными руками», спроектировать будущее заранее, поскольку его трудно предсказать. Наступающая климатическая, в настоящее время социальная, экономическая, экологическая нестабильность - развитие за счет нового освоения земель, использования природных ресурсов и нового строительства, которое происходит при низком научно-техническом уровне производства при отсутствии многофакторной оценки всей территории, приводит к стихийному развитию городов. Это подтверждается, как мы уже отметили - отсутствием градостроительной документации в 93% населенных пунктов, которые активно пытались обновить за последние 5 лет, даже при наличии финансирования, но план выполнить не удалось.

Стратегический мастер-план необходим для небезопасных территорий, учитывая 92 хвостохранилища советской эпохи, которые представляют угрозу техногенных аварий, так как износ инфраструктуры давно отмечается экспертами. К небезопасным для проживания и загрязненным городам с хвостохранилищами относятся г. Майлуу-Суу, Кара-Балта. Город Майлуу Суу входит в пятерку самых радиоактивных мест на планете, в десятке самых загрязненных городов Мира.

Перечисленные проблемы остаются нерешенными в динамичных условиях хаотичного развития. Объективно проблемы в урбанизме также связаны с современной скоростью развития в течение одной человеческой жизни, сложной задачей является планирование инфраструктуры не только на долгосрочную перспективу, но и на ближайшие 5-10 лет, поскольку цифровой век увеличивает скорость жизни, информации и данных, а трансформация дает непредсказуемые траектории. Например, при анализе городских данных для мастер-планирования и архитектуры, использовании ИТ для того же параметрического проектирования. А в будущем, которая уже наступила в развитых странах при разработке и использовании нейронных сетей, аналитических интерфейсов в новых областях архитектуры, даже при ставшем обычным – печатании на принтере домов.

И наконец, в таблице 1. приводим «основные различия между генеральным планом и стратегическим мастер-планом» по Алексею Муратову [2], с которым мы согласны по данной теме, с частичной корректировкой для условий в Кыргызстане.

Таблица 1 - Составлена по Алексею Муратову, на тему: «основные различия между генеральным планом и стратегическим мастер-планом» [2014г].

<b>Генплан</b>	<b>р</b>	<b>Мастер-план</b>
Градостроительный документ	<b>а</b>	Комплексная стратегия
В-первую очередь проект	<b>з</b>	В-первую очередь взаимодействие
Директивный характер (рекомендательный в КР)	<b>л</b>	Декларативный характер
Адресован профессионалам	<b>ч</b>	Адресован всем
Жители, как потребители	<b>и</b>	Жители, как соавторы
Стандартный формат	<b>я</b>	Свободный формат
Привязан к границам		Границы необязательны
Карты		Образцы, идеи, механизмы
Сплошной характер		Избирательный характер
Основан на процедуре		Основан на ценностях

Принимая во внимание состояние градостроительной политики, следовательно, последующие архитектурные решения, проблемы, поставленные в этой статье, в заключение позволяют подытожить, следующее:

1. Проблема имеет глубокие корни переходного периода, смены концепций развития, а также связанные с логической схемой вышестоящих стратегических проектов и планирования. Переход к новому инструменту, как стратегический мастер-план позволит создать прозрачные процедуры и эффективно управлять территориально-пространственным развитием;
2. Советский генплан стратегический мастер-план – это непротиворечивые, а взаимодополняющие документы.

### Список литературы

1. Линч, К. Образ города / Перевод с английского: Глазычев В.Л. // редактор: А.В. Иконников. - Москва: Стройиздат, 1982.
2. Kevin Lynch The Image of the City, M.I.T. Press. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts and London. England. 1960
3. «Мэр Торонто планирует прекратить строительство умных городов// Электронный ресурс: <https://archdaily.ru/Торонто-планирует-прекратить-строительство-умных-городов-из-за-проблем-с-конфиденциальностью>. (дата обращения 29.06.23.).
4. Насирдинова, А. М. Формирование общественного задания на разработку проектного семинара по устойчивому управлению городом с внедрением принципов зеленого города (На примере пандемии Ковид-19) / А. М. Насирдинова, Э. З. Тургумбекова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 135-142. – EDN LYVFMU.
5. Насирдинова, А. М. Метод, разработанный для дополнения стратегий развития городов разделом “Стратегия пространственного развития” / А. М. Насирдинова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2020. – Т. 20, № 11. – С. 43-51. – EDN ВНУЈОМ.
6. Муратов, А. Стратегический мастер-план: инструмент управления будущим / А. Муратов. - М: КБ «Стрелка», 2014. - 515 с.

**А.К.Омурканова<sup>1</sup>, С.Дж.Усенов<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9201-188X

<sup>2</sup>ORCID: 0009-0002-7076-5044

**A.K.Omurkanova<sup>1</sup>, S.Dz.Usenov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Kyrgyz State Technical University n. a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

e-mail: a.omurkanova@kstu.kg, sultanu@mail.ru

## **ОСОБЕННОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РЕАЛИИ**

### **КЫРГЫЗСТАНДА ШААР КУРУУНУ ДОЛБООРЛООНУН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ: ЭЛ АРАЛЫК ТАЖРЫЙБА ЖАНА АТА МЕКЕНДЕГИ ЖАГДАЙ**

#### **FEATURES OF URBAN PLANNING DESIGN IN KYRGYZSTAN: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DOMESTIC REALITIES**

*Макалада Кыргызстанда шааркурууну долбоорлоону жакшыртуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу максатында Кыргыз Республикасында жана чет өлкөлөрдө шааркурууну долбоорлоонун тажрыйбасына, стандарттарына жана талаптарына сереп берилген. Скандинавия өлкөлөрүнүн, Нидерландиянын, Сингапурдун жана Япониянын шаарларынын тажрыйбасы каралды. Ошондой эле шааркурууну долбоорлоого карата эл аралык стандарттарга жана талаптарга баяндама жасалды, ошондой эле Кыргызстанда шааркурууну долбоорлоонун мыйзамдык жана жөнгө салуучу документтерине сереп берилди. Шааркурууну долбоорлоонун принциптери, ишке ашыруунун өзгөчөлүктөрү, Кыргызстандын шааркуруу долбоорлорунун көйгөйлөрү баяндалган. Шаарды өнүктүрүүнү натыйжалуу башкаруу үчүн шааркурууну долбоорлоонун мыйзамдык базасын жана жөнгө салууну жакшыртуу; кыйла функционалдуу, туруктуу жана жашоого жөндөмдүү шаар чөйрөсүн түзүү үчүн шааркурууну долбоорлоонун практикалык методдорун жана ыкмаларын жакшыртуу боюнча сунуштар иштелип чыкты.*

**Түйүндүү сөздөр:** шааркурууну долбоорлоо, айлана-чөйрө, шаар, шаардык инфраструктура, шаардын аймагы, шаардык борборлор, коомдук транспорт, улуттук өнүктүрүү программасы, ишке ашыруу, туруктуу шааркуруу, шааркуруу кодекси, шаардык мобилдүүлүк, жеке курулуш, тарыхый-маданий мурас, коомдук пикир, райондук пландоо.

*В статье представлен обзор опыта, стандартов и требований градостроительного проектирования в Кыргызской Республике и зарубежных стран с целью разработки рекомендаций по улучшению градостроительного проектирования в Кыргызстане. Рассмотрен опыт городов Скандинавских стран, Нидерландов, Сингапура и Японии. А также проведен обзор международных стандартов и требований к градостроительному проектированию, также представлен обзор законодательных и регулятивных документов градостроительного проектирования в Кыргызстане. Описаны принципы градостроительного проектирования, особенности реализации, проблемы и вызовы градостроительных проектов Кыргызстана. Разработаны рекомендации по улучшению законодательной базы и регулирования градостроительного проектирования для эффективного управления городским развитием; улучшению практических методов и подходов к градостроительному проектированию для создания более функциональной, устойчивой и жизнеспособной городской среды.*

**Ключевые слова:** градостроительное проектирование, окружающая среда, город, городская инфраструктура, территория города, городские центры, общественный транспорт, Национальная программа развития, реализация, устойчивое градостроительство, Градостроительный кодекс, городская мобильность, индивидуальная застройка, историко-культурное наследие, общественное мнение, районная планировка.

*The article presents an overview of the experience, standards and requirements of urban planning in the Kyrgyz Republic and foreign countries in order to develop recommendations for improving urban planning in Kyrgyzstan. The experience of the cities of the Scandinavian countries, the Netherlands, Singapore and Japan is considered. An overview of international standards and requirements for urban planning design was also conducted, and an overview of legislative and regulatory documents of urban planning in Kyrgyzstan was also presented. The principles of urban planning design, implementation features, problems and challenges of urban development projects in Kyrgyzstan are described. Recommendations have been developed to improve the legislative framework and regulation of urban planning for effective management of urban development; to improve practical methods and approaches to urban planning to create a more functional, sustainable and viable urban environment.*

**Key words:** urban planning, environment, city, urban infrastructure, city territory, urban centers, public transport, national development program, implementation, sustainable urban planning, urban planning Code, urban mobility, individual development, historical and cultural heritage, public opinion, district planning.

Градостроительное проектирование в Кыргызстане в настоящее время претерпевает изменения в стандартах, требованиях, подходах и методах проектирования. В настоящее время актуально в рамках реализации «Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы» (от 31 октября 2018 года Указ Президента КР № 221) и Национальной программы развития Кыргызской Республики до 2026 года (Указ Президента Кыргызской Республики от 12 октября 2021 года УП № 435). Развитие территории страны прежде всего предусматривает наличие программы и Генеральной схемы развития территории, генеральных схем развития территорий районов и областей, населенных пунктов, городов, городских систем населенных мест.

Особенность градостроительного проектирования заключена в ее многофакторности и многозадачности рассмотрения всех аспектов развития территорий городов и населенных мест: архитектурно-планировочных, пространственно-территориальных, инженерно-коммуникационных, транспортно-технических, социально-экономических, экологических, историко-культурных.

**Целью исследования** является разработка рекомендаций по улучшению градостроительного проектирования для Кыргызстана.

**Методология исследования** заключается в анализе планировочных решений в градостроительном проектировании Кыргызстана и зарубежных стран.

**Анализ опыта разных стран в градостроительном проектировании.** Во многих развитых и развивающихся странах накоплен большой опыт в решении городских проблем, которые имеют продолжение в современном времени. Анализ международного опыта может помочь определить эффективные стратегии и методы градостроительного проектирования, которые были успешно применены в других странах. Такой анализ может предложить новые подходы к решению проблем и вызовов, с которыми сталкиваются градостроители в Кыргызстане. Некоторые из наиболее интересных примеров международного опыта включают в себя: компактность и удобство городских центров, велосипедное передвижение по городу; высокий уровень благоустройства с системой зеленых насаждений и озеленения зданий; инновационный подход к использованию пространства; экологическое строительство с использованием возобновляемых источников энергии; «города без автомобилей» и др.

Например, опыт городов Скандинавии в области устойчивого градостроительства и использования экологически чистых материалов может помочь Кыргызстану разработать стратегию экологически чистого градостроительства и снизить вредное воздействие на окружающую среду. Города Скандинавии известны своим прогрессивным подходом и жизнеспособными примерами для других городов по всему миру. В Дании в Копенгагене активно применяют концепцию "города для людей" (people-centered city), создавая пространства для пешеходов и велосипедистов (с 1995г.), обеспечивая доступность общественного транспорта и развивая экологические зоны. В Швеции в Стокгольме активно внедряют системы солнечных батарей, применяют технологии энергоэффективных зданий и развивают общественный транспорт. Осло, Норвегия, известен своими усилиями по снижению выбросов парниковых газов и созданию экологически чистого города. Город активно продвигает использование электрических транспортных средств, развивает велосипедные дорожные сети и создает зеленые зоны. Мальмё, Швеция, является примером реконструкции промышленных территорий с использованием экологически чистых материалов. Город преобразовал старые промышленные зоны в новые жилые и коммерческие районы, активно применяя энергоэффективные технологии и материалы.

В Нидерландах города известны своими компактными и удобными центрами, которые обычно находятся в нескольких минутах ходьбы от жилых зон. Это особенно верно для исторически сложившихся городов, которые имеют богатое наследие и характерную архитектуру. В таких городах центр обычно представляет собой старую часть города, где расположены исторические здания, улицы с пешеходной зоной, магазины, рестораны и другие объекты инфраструктуры. Некоторые из наиболее известных городов в Нидерландах с компактными и удобными центрами включают Амстердам, Роттердам, Утрехт, Делфт, Хаарлем и Лейден, и другие. Каждый из этих городов обладает своим собственным характером и уникальной атмосферой, предлагая посетителям и местным жителям удобство и привлекательность их центров.

Нидерланды также известны своим развитым велосипедным движением, и многие города обладают хорошо развитой велосипедной инфраструктурой, что делает их очень удобными для передвижения на велосипеде. В таких городах расстояния часто небольшие, и многие объекты находятся в пешеходной доступности, что делает центры городов привлекательными для пеших прогулок и покупок.

Город-государство Сингапур известен своим высоким уровнем благоустройства и экологических стандартов, известен своими многочисленными зелеными насаждениями и обширными парками. Около 47% территории Сингапура занято зелеными насаждениями, что способствует сохранению биоразнообразия, улучшению качества воздуха и созданию приятной городской среды для жителей. А также, Сингапур активно занимается управлением отходами, применяя различные стратегии, такие как переработка, утилизация и сжигание отходов для получения энергии. Государство также осуществляет строгий контроль над выбросами и применяет инновационные технологии для снижения воздействия на окружающую среду. В Сингапуре активно применяют принципы устойчивого строительства и проектирования. Здания и инфраструктурные объекты в городе обладают высокой энергоэффективностью, используют инновационные системы водо- и энергосбережения, а также учитывают аспекты климатической устойчивости. Сингапур имеет строгие экологические законы и нормативы, которые регулируют использование ресурсов, защищают природные экосистемы и промышленную безопасность. Это способствует соблюдению высоких экологических стандартов и содействует устойчивому развитию города. Активно инвестируют в инновации и исследования в области экологической устойчивости. Здесь созданы научно-исследовательские центры и институты, которые занимаются разработкой и применением новых технологий для устойчивого развития города. Все эти меры и подходы делают Сингапур одним из ведущих городов мира [1].

Опыт Японии в области компактного городского планирования и использования многоквартирных домов может помочь разработать эффективные проекты жилых зданий,

которые могут вместить больше людей на меньшей площади, уменьшить затраты на строительство и обслуживание инфраструктуры. К примеру, Япония развила плотную и эффективную транспортную систему, которая включает высокоскоростные поезда (шинкансен), метро и автобусы. Это обеспечивает быструю и удобную транспортную доступность внутри городов и между ними, что позволяет сократить потребление энергии и уменьшить транспортные пробки. Также, активно применяет концепцию многофункциональных зон, где жилые, коммерческие, офисные и рекреационные объекты находятся вблизи друг друга. Это способствует созданию компактных городских районов, где люди могут удовлетворить свои потребности на небольшом пространстве и сократить необходимость в длительных поездках. В населенных пунктах применяется высокая плотность застройки, особенно в крупных городах, чтобы максимально использовать ограниченные городские земельные участки. Высотные здания и многоэтажные комплексы позволяют разместить большое количество людей и функций на небольшой площади. В микрорайонах жилые дома, магазины, школы и другие социальные объекты расположены в непосредственной близости друг от друга, что способствует созданию общности, облегчает доступ к необходимым услугам и сокращает необходимость в дальних поездках. Разнообразии общественных пространств: парки, скверы, пешеходные улицы и т.д., которые служат местом отдыха, встречи и сближения людей, улучшая качество жизни в компактных городских средах.

**Обзор международных стандартов и требований к градостроительному проектированию.** Для обеспечения высокого качества и безопасности градостроительных проектов, последующего строительства и управления проектированием и развитием города важны стандарты и нормы в проектировании и строительстве. Для сравнения можно обратить внимание на международные стандарты и требования регулирования градостроительного проектирования, с целью выявления потенциальных областей для улучшения своих стандартов и требований к градостроительному проектированию:

- Международная организация по стандартизации (ISO) определяет международные стандарты для градостроительного проектирования, которые устанавливают принципы и требования для обеспечения качества, безопасности, устойчивости и экологической совместимости градостроительных проектов. Например, ISO 14000 - Стандарт экологического менеджмента (помогают уменьшить воздействие на окружающую среду, уменьшить количество отходов и идти по пути устойчивого развития); ISO 50001 - Стандарт управления энергопотреблением (помогают сократить потребление энергии); ISO/IEC 27000 - Стандарт ИТ-безопасности (помогают защитить конфиденциальную информацию); ISO 20121 — Стандарт системы менеджмента событий с учетом уровня устойчивого развития [2].

- Международная программа "Green Building" устанавливает стандарты и требования для строительства экологически чистых зданий, с целью улучшить качество жизни людей и снизить воздействие на окружающую среду [3].

- Конвенция ЮНЕСКО о защите мирового культурного и природного наследия, принятая в 1972 году, устанавливает требования для сохранения и использования мирового культурного и природного наследия. К примеру, в список историко-культурных памятников внесены Гора Сулейман-Тоо и расположенный у ее подножия сохранившийся средневековый квартал.

- Глобальная инициатива "Жилище для всех" в рамках Программы ООН Хабитат-III по жилью и устойчивому развитию городов, (принятой в Кито, Эквадор, октябрь 2016 года и одобренной 71-сессией Генеральной Ассамблеи ООН) устанавливает стандарты и требования для обеспечения доступного и устойчивого жилья для всех; с целью снизить неравенство в доступе к жилью и улучшить качество жизни людей. Согласно этой инициативе по всему миру разрабатываются Национальные программы развития [4]. В Кыргызстане в городе Бишкек в 2020 г. кафедрой Градостроительства Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова, на основании обращения Мэрии г.Бишкек к ПРООН по Программе ЕЭК-ООН для разработки программы с целью



создания благоприятной устойчивой среды в 47 жилых массивах индивидуальной жилой застройки г.Бишкек и привлечения инвестиций, были разработаны 4G пяти жилых массивов г.Бишкек (Арча-Бешик, Калыс-Ордо, Рухий-Мурас, Бакай-Ата и Ак-Босого). При работе над проектом, в соответствии с целями данной программой, были проведены градостроительные исследования, социологический опрос жителей массивов, анализ правового управления, социальной защиты, “зеленое” экономического развития и культурного обеспечения [5].

- Законодательные нормы и правила в регулировании градостроительного проектирования и строительства разных стран, устанавливая требования для безопасности, здоровья, качества и экологической совместимости градостроительных проектов, при этом присутствует общественное обсуждение, учет общественного мнения, заблаговременное оповещение о будущем строительстве и обсуждение концепции проекта. Роль и влияние общественности на градостроительные проекты велика [7].

**Градостроительное проектирование в Кыргызстане** регулируется следующими законодательными и регулятивными документами, которые устанавливают основу для проведения градостроительных проектов, учитывая при этом технические, экологические и социокультурные аспекты:

- Закон КР «О градостроительстве и архитектуре» от 18 марта 2010 года, который устанавливает основные нормы и правила в градостроительстве и архитектуре, и определяет требования к проектированию, строительству, использованию и реконструкции зданий, объектов инфраструктуры и городских территорий;

- Закон Кыргызской Республики "Об охране окружающей среды" от 9 июля 1997 года устанавливает основы охраны окружающей среды, регулирует вопросы оценки воздействия на окружающую среду при реализации проектов в градостроительстве;

- Строительные нормы СН КР 30-01:2020 «Планировка и застройка городов и населенных пунктов городского типа» и Свод правил по планировке и застройке территорий сельских населенных пунктов в Кыргызской Республике устанавливают технические нормы и стандарты в строительстве и градостроительстве;

- Земельный кодекс КР от 2 июня 1999 года № 45 устанавливает порядок использования и управления земельными ресурсами, включая земельные участки, на которых проводится градостроительное проектирование.

**На современном этапе градостроительное проектирование в Кыргызстане опирается на следующие принципы:** город как центр экономики (экономическая эффективность), сохранение культурного наследия, компактность и удобство, городская мобильность, устойчивость и экологичность.

Город как центр экономики. Экономическая эффективность городской территории ярко выражается в современной городской застройке – активно строятся торговые центры, различные многофункциональные комплексы и этажная жилая застройка. Преимущественно велико значение и строительство рынков, их всяческое расширение без надлежащей инфраструктуры.

Сохранение культурного наследия. Города Кыргызстана, такие как Ош, Бишкек, Каракол и Узген, имеют исторические центры с памятниками архитектуры различных эпох, которые охраняют и защищают в проектировании проектов развития. Традиционная культура и этническое наследие Кыргызстана сохраняются по сей день, что отражается в архитектурных и градостроительных проектах с разнообразными традиционными элементами архитектуры и дизайна в современном прочтении.

Компактность и удобство. Географические условия Кыргызстана, гористая местность с живописными пейзажами и высокогорными районами, оказывают активное влияние на планировку и форму городских планов. Большинство городов имеют линейный и компактный характер планировочной структуры. Все города имеют удобное расположение на республиканской магистрали, большинство являются районными и областными центрами.

Городская мобильность в городах Кыргызстана представлена единичными примерами, но существует стабильная тенденция в активном ее развитии. Например, в городе Бишкек с

2020 года ведется активная работа городских властей по развитию городского транспорта. Кроме того, идет реализация проектов автомагистрали Север-Юг для улучшения транспортного сообщения по республике.

В последние годы в Кыргызстане активно развивается городская инфраструктура, включая транспортную сеть, системы водоснабжения и канализации, энергетические системы и общественные пространства. На современном этапе эти вопросы могут быть решены комплексно, при разработке градостроительных документов верхних территориальных уровней: Генеральной схемы развития и расселения, региональной схемы расселения, районной планировки и планомерном комплексном планировании, проектировании и анализе проделанной работы на уровне разработки генеральных планов развития. При этом, важно ведение постоянного мониторинга и анализа всех изменений в населенном пункте [6].

**Устойчивость и экологичность.** Одновременно с повышением значения устойчивости и экологической обусловленности в проектировании архитектурных и градостроительных объектов, повысилась использование энергоэффективных технологий, возобновляемых источников энергии в архитектурных и градостроительных проектах, а также большое внимание уделяется сохранению природных ресурсов. Подтверждением является развитие концепции строительства эко-города Асман на берегу озера Иссык-Куль с 2019 г. по 2023 г. [8]. Экологами Кыргызстана создана интерактивная электронная карта экологических происшествий, отображающая все участки загрязнения окружающей среды, включая не действующие очистные сооружения городов, отвалов мусора, переработки добычи полезных ископаемых, хвостохранилищ и т.п. [9]. В городах уделяют большое внимание сортировке отходов, но при этом отсутствует строительство мусороперерабатывающего предприятия.

**Особенности реализации градостроительных проектов в Кыргызстане** связаны с особенностями и уникальными аспектами территории. В настоящее время в Кыргызстане система землепользования имеет сложный характер, в силу действия Земельного Кодекса и Закона об индивидуальном жилищном строительстве, которые предоставляют право гражданину на индивидуальное жилищное строительство, что и отразилось в строительстве многочисленных жилых массивов индивидуальной застройки в городах и селах. Идет активная трансформация сельскохозяйственных земель для строительства жилья или производства. Для градостроительных целей земли выделялись для строительства города Асман, изменения административных границ городов Бишкека, Оша, Жалал-Абада и других.

Другой особенностью является уникальные природные экосистемы Кыргызстана, которые подвергаются угрозе вследствие неправильного управления городами и их развитием (наличие свалок, хвостохранилищ, мусорных полигонов без сортировки и переработки.).

Природно-климатические и ландшафтные особенности части территории Кыргызстана имеют сложную топографию, что влияет на строительство и городскую инфраструктуру. При этом, в исторических городах с исторической застройкой стоит проблема городских коммуникаций и благоустройства. Кроме того, отдаленные территории, имеющие ограниченный доступ к услугам и инфраструктуре, требуют дополнительные усилия для их обеспечения.

Политическая ситуация в Кыргызстане может быть переменчивой, с периодами политической нестабильности и сменой правительств, что влияет на последовательность градостроительных решений и проектов, а также на эффективность реализации градостроительных проектов. При этом, обеспечение финансирования градостроительных проектов может представлять собой вызов, особенно в условиях экономической нестабильности.

Социокультурные особенности выражаются в многонациональности страны с богатым культурным наследием и традициями. Для создания комфортного и социально адаптированного окружения требуется ментальное развитие общества, готового следовать разработанным градостроительным проектам. Фактически многие генеральные планы не

были реализованы даже на 20-30%. При реализации вносятся коррективы в следствии политических изменений, при этом всегда присутствует недостаточность финансирования в реализации или непоследовательность в реализации градостроительного проекта, а также, отсутствует преемственность принятых градостроительных решений. В последние годы в Кыргызстане все больше придается значение участию общественности в процессе принятия решений в градостроительстве. При этом участие общественности в обсуждении градостроительных проектов несет отрицательный характер, в силу неподготовленности общественности к обсуждению (например, обсуждение Проекта детальной планировки центра города Бишкек, который был отменен по решению суда). Все это требует специфических навыков и ресурсов в реализации градостроительных проектов.

### **Проблемы и вызовы в градостроительном проектировании Кыргызстана.**

Градостроительные проекты в Кыргызстане сталкиваются с рядом основных проблем и вызовов, которые могут затруднять их успешную реализацию.

В первую очередь, главной проблемой является отсутствие каких-либо проектов при реализации государственных программ (особенно касается *Национальной программы развития Кыргызской Республики до 2026 года*). Сам термин «проект» используется только в управленческом значении как «цепочка задач, которые необходимо выполнить для получения определенного результата». При этом практически не используется его значение как – разработанный план сооружения или развития территории, устройства чего-нибудь, что отразилось в проблеме реализации многих государственных программ (где не прописаны проектные работы по строительству или развитию территорий), обеспечения городскими коммуникациями новых жилых территорий и т.д. К примеру, в настоящее время актуален вопрос развития всего государства, при этом отсутствуют документы территориального планирования (генеральная схема территориального планирования, природопользования и территориальной организации производительных сил Кыргызской Республики; районные схемы расселения, природопользования и территориальной организации производительных сил экономических и крупных географических районов, природно-климатических зон, лечебно-оздоровительных и рекреационных территорий и административно-территориальных образований; комплексные схемы и проекты районной планировки административно-территориальных образований.) [10]. Но во многих городах идет разработка новых генеральных планов, которые рассматривают развитие города без учета развития в составе административного района или области.

Не менее серьезный вызов, экологические проблемы городов (загрязнение воздуха и воды, сокращение зеленых насаждений, неправильное использование природных ресурсов и т.п.), которые вызваны увеличением транспорта и автодорог, выделением земель на строительство. Также, остро стоит проблемы управления отходами в городах (сортировка и утилизация мусора), городские свалки загрязняют почву, воду и воздух. В городах наблюдается дефицит общественных зон и парков, что влияет на качество жизни горожан. Проблемы устаревшей инфраструктуры ирригации и водоснабжения в сельских районах влияют на сельское хозяйство.

Многие города Кыргызстана страдают от нехватки городской инфраструктуры, такой как дороги, газо- и теплоснабжение, канализация, социокультурных объектов, особенно в жилых массивах индивидуальной застройки. Из 32 городов Кыргызстана в 18 городах отсутствует газоснабжение, в 10 городах нет теплоснабжения, в 9 городах не действуют или отсутствует канализация [10]. Наряду с нехваткой городской инфраструктуры, проблема неформальной застройки без необходимых разрешений и документов. А также, активная урбанизация и демографический рост населения создают давление на городскую инфраструктуру и вызывают региональную диспропорцию в расселении, влияют на реализацию градостроительных проектов и социокультурную стабильность.

Вышеперечисленные проблемы и вызовы в городах могут быть решены с введением в действие Градостроительного кодекса Кыргызской Республики, как нормативно-правового документа, регулирующего развитие территории страны, регионов, областей,

административных районов, и городов; определяющего порядок, состав и согласование всех градостроительных документов согласно иерархии градостроительных объектов.

**Рекомендации по улучшению градостроительного проектирования в Кыргызстане.** Улучшение градостроительного проектирования в Кыргызстане может способствовать созданию более комфортной, устойчивой и функциональной городской среды.

В первую очередь, улучшение законодательной базы и регулирования градостроительного проектирования для эффективного управления городским развитием может быть выражено в следующем:

1. Разработка и принятие Градостроительного кодекса – как единого градостроительного закона, где описаны все виды градостроительной документации согласно иерархии градостроительных объектов, их процедуры утверждения, согласования и реализации, а также единое понимание требований.
2. Включение в градостроительные документы стандартов и принципов устойчивого градостроительства с последующей их реализацией.
3. Активное вовлечение жителей и бизнес-сообществ в принятие решений.
4. Совершенствование механизмов надзора за реализацией градостроительных проектов и незаконным строительством; механизмов финансирования проектов улучшения городской инфраструктуры и обеспечения доступного жилья.
5. Усиление мер по сохранению и охране окружающей среды, историко-культурных памятников в городе.
6. Мониторинг и оценка эффективности результатов реализации градостроительных проектов с последующей коррекцией стратегии и обеспечения качественного городского развития.

Для улучшения практических методов и подходов к градостроительному проектированию для создания функциональной, устойчивой и жизнеспособной городской среды рекомендуется:

1. Для решения различных проблем города создание мультидисциплинарной команды (архитекторы, инженера, экологи, экономисты и представители общественности) для учета всех аспектов городской среды.
2. Применение системного подхода в решении городских проблем с учетом взаимосвязи элементов городской инфраструктуры и окружающей среды.
3. Учет общественного мнения в градостроительном проектировании для определения приоритетов и потребностей жителей.
4. Проведение детальной оценки воздействия на окружающую среду градостроительных проектов и разработка мер по снижению негативных последствий.
5. Использование современных технологии в изучении, моделировании и аналитике для эффективного проектирования.
6. Для оптимизации и рационального землепользования применять принципы компактного городского строительства, с размещением жилья, рабочих мест, магазинов, рекреации и снижение автомобильного транспорта с развитием общественного транспорта, велодорожек и пешеходных зон.
7. Развитие общественных пространств для социального взаимодействия и отдыха жителей.
8. Обязательное проведение оценки эффективности проекта после завершения, усиление мер по адаптации и улучшению зависимости от изменяющихся условий и потребностей.
9. Содействовать инновация в градостроительстве для разработки новых подходов и технологий развития города.
10. Поддержка профессионального обучения и развития специалистов по градостроительству для обеспечения высокого уровня квалификации.

Вышеуказанные рекомендации могут помочь улучшить как градостроительное проектирование, так и его практические методы и подходы, в создании жизнеспособных, устойчивых и комфортных городов и населенных пунктов Кыргызстана с высоким уровнем жизни.

### Список литературы

1. Пространство города для человека. Исследование уровня и динамики градостроительного развития крупнейших мегаполисов мира. PwC (PricewaterhouseCoopers). 2018.- 218 с., ил.
2. Международная организация по стандартизации (ISO). *[Электронный ресурс]*. – URL: <https://www.iso.org>
3. Green Building Initiative (Инициатива "Зеленое строительство" (GBI)). *[Электронный ресурс]*. – URL: <https://thegbi.org>
4. Новая программа развития городов. ООН-Хабитат. UN-Habitat A/RES/71/256\*. 2017. - 74 с
5. Омурканова, А.К. Подходы к исследованиям эскизных проектов 4G пяти жилых массивов г.Бишкек / А.К. Омурканова, Т.С.Кенешов // Вестник КГУСТА: сб. науч. тр. КГУСТА. – Бишкек: 2021. – Вып. № 3 (73). – С.337-342.
6. Омурканова, А.К. Обеспеченность городов Кыргызстана инженерно-транспортной инфраструктурой и проблемы развития / А.К. Омурканова, Т.С.Кенешов, Я.С.Мазманов // Вестник КГУСТА: сб. науч. тр. / КГУСТА. – Бишкек: 2022. – Вып. № 1 (75). – С.22-29.
7. Трухачев, С.Ю. Архитектурно-планировочные принципы градостроительного зонирования (на примере городов Юга России). Автореф. дис.....кандидата архитектуры: (18.00.04) / Моск.архит.ин-т. / С.Ю. Трухачев. – М.: 2008. – 30с.
8. На месте будущего эко-города Асман на побережье Иссык-Куля скоро заложат капсулу. *[Электронный ресурс]*. – URL: <https://kabar.kg/news/na-meste-budushchego-eko-goroda-asman-na-poberezh-e-issyk-kulia-skoro-zalozhat-kapsulu-1/>
9. Электронная карта экологических происшествий. Кыргызстан. *[Электронный ресурс]*. – URL: <https://esomap.kg>
10. Проект Градостроительного кодекса Кыргызской Республики от 30 декабря 2013 года № 711. *[Электронный ресурс]*. URL: - <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/94935>

**М.Д. Кутуев, Муканбет к Э., А. К. Супибекова**  
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**M.D. Kutuev, Mukanbet kyzy E. A.K. Supibekova**

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e-mail: altynays@mail.ru, erkin.mukanbetova@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

### ТОСМО КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫН ЖЫЛУУЛУК-ТЕХНИКАЛЫК ЭСЕПТӨӨЛӨРҮНҮН ЭКСПЕРТТИК СИСТЕМАСЫН КОЛДОНУУ

#### USING AN EXPERT SYSTEM FOR THERMAL ENGINEERING CALCULATION OF ENVELOPING STRUCTURES

*Макалада тосмо конструкциялар аркылуу жылуулук өткөрүүнүн эсебин чыгарууга мүмкүндүк берүүчү материалдын жылуулук өткөрүмдүүлүгүнүн коэффициенти, конструкциянын калыңдыгы жана бетинин аянты, бөлмөнүн ичиндеги жана сыртындагы температура сыяктуу параметрлер жана башка жылуулуктун алмашуусуна таасир этүүчү факторлор эске алынуу менен жылуулук-техникалык эсептөөнүн системасы каралат.*

*Системанын иштеши үчүн материалдардын касиеттери жөнүндө маалыматтар, жылуулук өткөрүмдүүлүк мыйзам ченемдери, жылуулук изоляциясын эсептөө принциптери жана башка жылуулук-техникалык факторлор камтылган билим базасы колдонулат. Система ошондой эле билим базасынын негизинде логикалык тыянактарды түзүүгө мүмкүндүк берүүчү корутунду эрежелерди колдоно алат.*

***Түйүндүү сөздөр:** математикалык модель, билим базасы, корутунду механизми, эсептөө алгоритмдери, конструкциялардын параметрлерин аныктоо, үйрөнүү механизми, сунуштарды түзүү, эрежелерди колдонуу, жылуулук берүү каршылыгы.*

*В статье рассматривается экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций, которая позволяет производить расчеты теплопередачи через ограждающие конструкции, учитывая такие параметры, как коэффициент теплопроводности материала, толщина и площадь поверхности конструкции, температуры внутри и снаружи помещения, а также другие факторы, влияющие на теплообмен.*

*Для работы системы используется база знаний, которая содержит информацию о свойствах материалов, закономерностях теплообмена, принципах расчета теплоизоляции и других теплотехнических факторах. Система также может использовать правила вывода, которые позволяют формулировать логические выводы на основе базы знаний.*

***Ключевые слова:** математическая модель, база знаний, механизм вывода, алгоритмы расчета, определение параметров конструкции, механизм обучения, генерация рекомендаций, применение правил, сопротивление теплопередачи.*

*The article discusses an expert system allows for the calculation of heat transfer through enclosing structures, taking into account parameters such as the thermal conductivity of materials, the thickness and surface area of the structure, indoor and outdoor temperatures, and other factors that influence heat exchange.*



*To operate, the system uses a knowledge base that contains information about material properties, thermal exchange laws, principles of thermal insulation calculation, and other relevant thermal engineering factors. The system may also employ inference rules that allow for logical deductions to be made based on the knowledge contained in the base.*

**Keywords:** *mathematical model, knowledge base, inference mechanism, calculation algorithms, determination of design parameters, learning mechanism, recommendation generation, application of rules, heat transfer resistance.*

Использование экспертной системы [1] теплотехнического расчета ограждающих конструкций предоставляет множество практических исходов, улучшая качество и эффективность проектирования и управления энергетической эффективностью зданий. Вот несколько способов, как такая система может быть использована:

1. **Проектирование и анализ энергетической эффективности:** Экспертная система может использоваться для проведения теплотехнических расчетов в начальной стадии проектирования. Она позволяет инженерам и архитекторам оценивать, какие ограждающие конструкции и материалы наилучшим образом соответствуют требованиям по энергосбережению.
2. **Выбор оптимальных материалов:** Экспертная система может помочь в выборе наиболее подходящих строительных материалов для минимизации теплопотерь и оптимизации теплоизоляции в здании. Это может включать в себя рекомендации по типу утеплителя, толщине стен и крыши, а также типу окон и дверей.
3. **Оценка воздействия изменений:** При реконструкции или модернизации существующих зданий система может использоваться для оценки воздействия изменений в ограждающих конструкциях на энергетическую эффективность. Это помогает определить, какие улучшения могут быть сделаны для экономии энергии.
4. **Управление системами отопления и кондиционирования воздуха:** Экспертная система может быть интегрирована с системами управления зданием, чтобы предоставлять рекомендации по оптимизации работы систем отопления и кондиционирования воздуха в реальном времени. Это позволяет снизить потребление энергии и улучшить комфорт внутри помещений.
5. **Соблюдение норм и стандартов:** Система может автоматически проверять расчеты на соответствие местным и международным стандартам и нормам в области энергетической эффективности и теплотехники.
6. **Обучение и обучающие материалы:** Экспертная система может использоваться для обучения специалистов в области теплотехники и энергетической эффективности. Она может предоставлять примеры и обучающие материалы, помогая повысить квалификацию специалистов.
7. **Анализ больших данных:** Собирая данные о потреблении энергии и теплопотерях в реальном времени, система может использоваться для анализа больших данных и выявления тенденций. Это может помочь определить, какие улучшения необходимы в будущем.

Применение экспертной системы в теплотехническом расчете ограждающих конструкций помогает снизить затраты на энергию, сократить вредное воздействие на окружающую среду и повысить комфорт внутри зданий.

**Экспертная система для теплотехнического расчета ограждающих конструкций** обычно включает в себя следующие основные компоненты (рис.1):

1. **Интерфейс пользователя:** Это часть системы, через которую пользователь взаимодействует с системой. Это может быть графический пользовательский интерфейс (GUI) или командная строка. Здесь пользователь вводит данные о здании, устанавливает параметры расчета и получает результаты.
2. **Модуль ввода данных:** Этот модуль позволяет пользователям вводить информацию о здании или конструкции, которую они хотят проанализировать. Это включает в себя

- данные о размерах, материалах, климатических условиях и системах отопления и вентиляции.
- База знаний:** Содержит экспертные знания, формализованные правила и модели, необходимые для проведения теплотехнических расчетов. Это включает в себя информацию о материалах, теплопередаче, климатических условиях, стандартах, рекомендациях и др.
  - Модуль теплотехнического расчета:** Этот модуль использует данные о здании и базу знаний для проведения теплотехнических расчетов. Он может рассчитывать коэффициенты теплопередачи (U-факторы) для ограждающих конструкций, а также определять теплопотери и теплоизоляцию.
  - Модуль моделирования систем ОВК:** Если в системе реализованы модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, этот модуль может моделировать и анализировать эффективность этих систем и их влияние на энергопотребление.
  - Анализ и оптимизация:** Этот модуль анализирует результаты расчетов и сравнивает их с нормативами и стандартами в области энергетической эффективности. Он также может предоставлять рекомендации по улучшению энергетической эффективности.
  - Модуль вывода результатов:** Предоставляет пользователю детальные результаты теплотехнических расчетов, включая коэффициенты теплопередачи, энергопотребление и рекомендации через графики, таблицы или отчеты.
  - Модуль обучения и обратной связи:** Может предоставлять обучающие материалы для пользователей и помогать им лучше понимать результаты и рекомендации системы.
  - Хранение данных и архивирование (при необходимости):** Этот модуль может сохранять результаты расчетов и данные о зданиях для будущего использования и анализа.



Рис 1. Экспертная система

**База знаний экспертной системы** теплотехнического расчета ограждающих конструкций - это центральная часть системы, которая содержит формализованные знания и экспертные правила [2], необходимые для проведения теплотехнических расчетов и оценки энергетической эффективности. Вот примеры типовых знаний и правил, которые могут включаться в такую базу данных:

- Материалы и их характеристики:
  - Теплопроводность различных строительных материалов.
  - Теплоемкость материалов.

- Сопротивление теплопередаче материалов.
- 2. Теплопередача через ограждающие конструкции:
  - Модели для оценки коэффициента теплопередачи (U-фактор) для стен, окон, дверей и крыши.
  - Расчет теплопередачи в многослойных конструкциях.
  - Влияние тепловых мостов.
- 3. Климатические условия и нормативы:
  - Климатические данные, такие как средние температуры и тепловые нагрузки.
  - Местные и международные стандарты и нормы в области энергетической эффективности.
- 4. Тепловое оборудование и системы ОВК:
  - Типы и характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
  - Энергопотребление и КПД отдельных компонентов.
- 5. Моделирование и алгоритмы расчета:
  - Алгоритмы расчета теплопередачи и расчета коэффициента теплопередачи.
  - Модели для анализа динамики теплопотерь во времени.
- 6. Энергетическая эффективность и оптимизация:
  - Рекомендации по улучшению энергетической эффективности, основанные на расчетах.
  - Оценка влияния различных мероприятий на энергопотребление.
- 7. Данные по зданиям и проектам:
  - Данные о конкретных зданиях, включая их геометрию, материалы и системы.
  - Исторические данные по энергопотреблению и теплопотерям для анализа.
- 8. Инструкции и рекомендации:
  - Инструкции для пользователей системы по вводу данных и интерпретации результатов.
  - Рекомендации по оптимизации систем и улучшению энергетической эффективности.

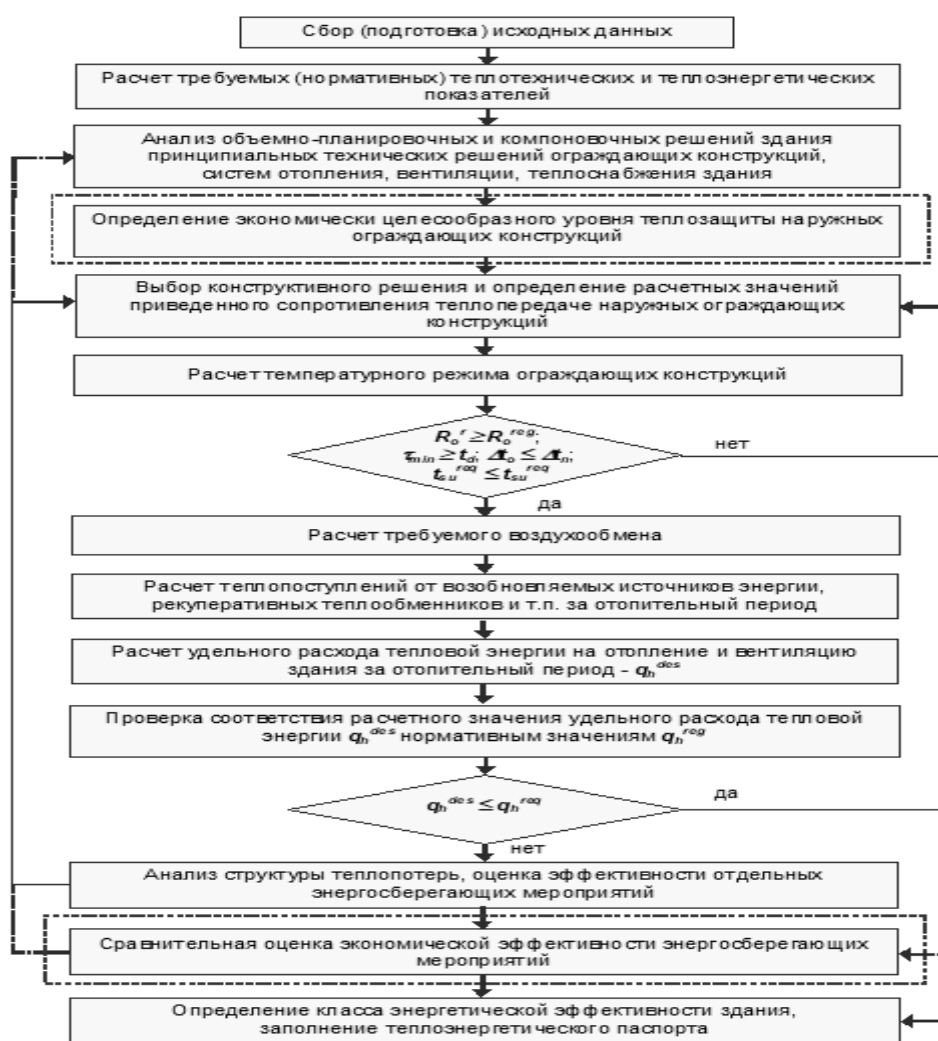
Эти знания и правила обеспечивают основу для проведения теплотехнических расчетов и оценки энергетической эффективности зданий в экспертной системе [3]. Пользователи могут вводить данные о конкретном проекте или здании, а система использует базу данных, чтобы предоставить детальные расчеты и рекомендации.

**Алгоритм расчета в экспертной системе** теплотехнического анализа ограждающих конструкций может включать следующие шаги:

1. Запрос данных от пользователя: Пользователь взаимодействует с системой, вводя данные о проектируемом или существующем здании, такие как размеры, местоположение, характеристики материалов и системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
2. Извлечение данных из базы знаний: Система извлекает необходимую информацию из базы данных, включая теплопроводность материалов, климатические данные, характеристики систем ОВК и нормативы [4].
3. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций: Система использует данные о материалах и структурных элементах здания, а также о климатических условиях, для расчета коэффициента теплопередачи (U-фактора) для стен, окон, дверей, крыши и пола. Расчет может включать в себя оценку теплопотерь и теплоизоляции ограждающих конструкций.
4. Моделирование систем ОВК: Если в системе реализованы модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, то они могут быть включены в расчет. Система оценивает эффективность и энергопотребление этих систем в контексте конкретного здания.

5. Анализ результатов и сравнение с нормами: Полученные результаты анализируются и сравниваются с местными и международными нормативами и стандартами в области энергетической эффективности и теплотехническими требованиями.
6. Предоставление рекомендаций: На основе проведенных расчетов и анализа, система предоставляет рекомендации по улучшению энергетической эффективности здания. Рекомендации могут включать в себя изменения в конструкции, улучшение изоляции, обновление систем ОВК и другие меры.
7. Предоставление результатов пользователю: Система выводит детальные результаты теплотехнических расчетов, включая коэффициенты теплопередачи, энергопотребление и рекомендации пользователю через графики, таблицы или отчеты.
8. Мониторинг и анализ в реальном времени (при наличии): Если система включает мониторинг в реальном времени, она может постоянно мониторить энергопотребление и предоставлять анализ для операторов системы [5].

### Блок-схема



**Пример.** Теплотехнический расчет ограждающих конструкций [6] заключается в определении необходимой толщины теплоизоляции и конструктивных слоев ограждения, обеспечивающих сопротивление теплопередачи равное нормированному значению общего приведенного сопротивления теплопередач  $R_{tr}^{np}$ . Ограждающей стеновой конструкцией является кирпичная стена толщиной  $\delta = 250$  мм, для теплоизоляции выбрали пенопласт, с теплопроводностью  $\lambda = 0,56$  (Вт/ м<sup>2</sup>·°С).

Определяем требуемое нормативное сопротивление теплоотдачи конструкций [7] по СНиП I\*\*R<sub>тр. НС</sub>- наружной стены:

$$R_{тр. НС} = \frac{n(t_b - t_n)}{\Delta t_n \alpha_b} \quad (1)$$

t<sub>в</sub> – темп. внутреннего воздуха, °С, принимается в зависимости от назначения здания = 18 (°С);

t<sub>н</sub> – температура наружного воздуха, °С, принимается в зависимости от района строительства здания = -23 (°С);

n – коэффициент зависящий от расположения рассчитываемой конструкции горизонтальный или вертикальный = 1;

Δt<sub>н</sub> – температурный перепад между внутренними и наружными конструкциями = 6 (°С);

α<sub>в</sub> – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций = 8,7;

$$R_{тр. НС} = 2,33 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С/Вт)} \quad [8]$$

Определим общее расчетное сопротивление теплопередачи R<sub>о НС</sub>- наружной стены [9]:

$$R_{о НС} = (1/\alpha_b + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_n) \quad (2)$$

α<sub>н</sub>-коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций = 23;

δ<sub>н</sub> – толщина каждого слоя (м); δ<sub>4</sub> – толщина пенополистирола 0,1 (м);

δ<sub>1,7</sub> – толщина кирпичной стены 0,25(м);

λ<sub>н</sub> – теплопроводность материала (Вт/ м<sup>2</sup>·°С);

λ<sub>1,7</sub> – теплопр. кирпичной стены. 0,35 (Вт/ м<sup>2</sup>·°С);

λ<sub>4</sub> – теплопр. пенополистирола 0,04 (Вт/ м<sup>2</sup>·°С);

R<sub>о НС</sub> = (1/8,7 + 0,12/0,35 + 0,06/0,04 + 0,12/0,35 + 1/23) = 2,34 (м<sup>2</sup>·°С/Вт) Полученная величина приравнивается к общему сопротивлению теплопередачи ограждения [10]:

$$R_{о НС} \geq R_{тр. НС} \quad (3)$$

$$2,34 \geq 2,33$$

Конструкция стены, теплоизоляция с данными толщинами удовлетворяют конструктивным требованиям и требованиям теплоизоляции (рис. 2).

Результаты расчетов приводятся на графике (рис. 3)

The screenshot shows a software application window titled 'Файл Справочники Расчеты'. It contains several input fields and dropdown menus for calculating thermal resistance. The 'Условия эксплуатации ограждения' section includes fields for outdoor and indoor air temperatures (-23 and 18 degrees), heating period (average temperature 0,9, duration 157 days), material state (Dry/Exploited), humidity zone (Normal), room regime (Normal), and room humidity (55%). The 'Тип здания' section includes building type (Residential, medical, etc.), wall type (External wall), and height (6). The 'Характеристики ограждения' section shows a table of layers with thicknesses and thermal conductivities, and dropdown menus for material types (Brick, Polystyrene). The 'Расположение' section includes region (Chuy) and city (Bishkek). At the bottom, there are checkboxes for calculations on thermal stability, vapor permeability, and air permeability, and a field for required thermal resistance (2,33 m²·°C/W).

Рис. 2. Расчеты на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость

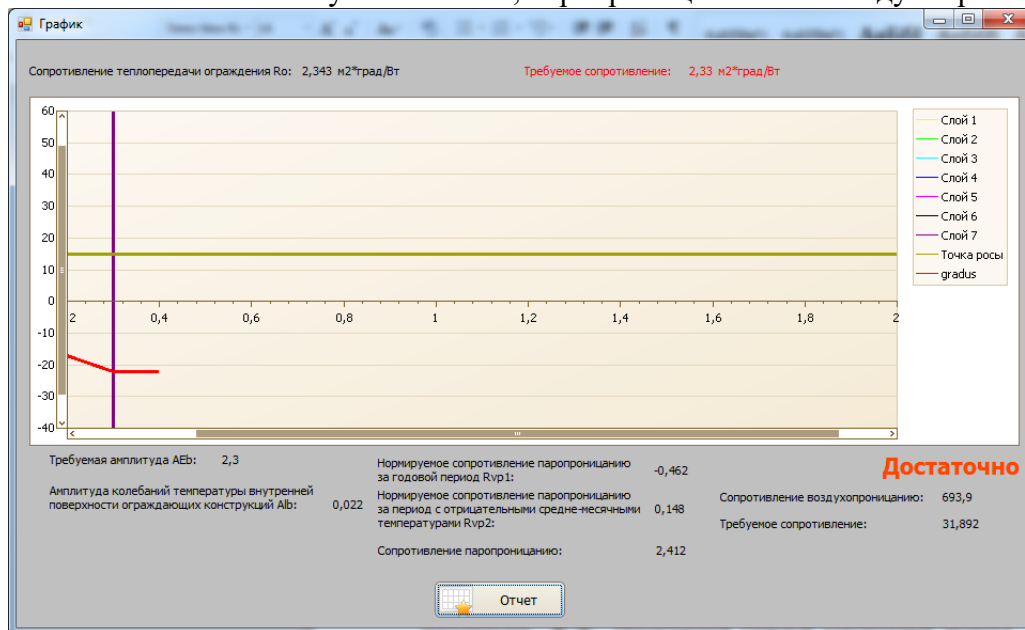


Рис. 3. График результатов расчета

**Вывод:** если условие достаточно, то выбранная нами толщина слоев конструкции удовлетворяет теплотехническим нормам. Если условие недостаточно, то необходимо выполнить следующее:

- 1) увеличить толщину требуемых слоев;
- 2) использовать материалы для толщины слоев ограждающих конструкций с наименьшим коэффициентом теплопроводности по сравнению с исходным примененным;
- 3) если общее сопротивление теплопередачи увеличена более чем на 10% от требуемого сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций, то необходимо уменьшить толщину слоев за счет материалов теплоизоляции.

### Список литературы

1. Нейлор, К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор. - М.: Энергоатомиздат, 2013. - 286с.
2. Нильсон, Н. Принципы искусственного интеллекта / Н. Нильсон. - М.: Радио и связь, 2014. - 373 с.
3. Системы автоматизированного проектирования в 9 ти книгах. Книга 9 Иллюстрированный словарь / ред. И.П. Норенков. - М.: Высшая школа, 2012. - 159 с.
4. Чичварин, Н.В. Экспертные компоненты САПР / Н.В. Чичварин. - М.: Машиностроение, 2014. - 240 с.
5. Любарский, Ю.Я. Интеллектуальные информационные системы / Ю.Я. Любарский. - М.: Наука, 2013. - 232 с.
6. СНиП 23-01-98 КР. Строительная теплотехника. – Б.: Кыргызстан, 2000г.
7. СНиП КР 23-02-00 Строительная климатология. – Б.: Кыргызстан, 2000г.
8. ГОСТ 26253-84 Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций.
9. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
10. СНиП КР 23-01: 2009 Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий). – Б.: Бишкек 2009г.



## ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК: 553.43.44:493.5.076(235.216) (042.2)

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1673-1680

**О.Д.Кабаев<sup>1</sup>, Б.С.Мааткеримова<sup>2</sup>, А.О.Кабаев<sup>3</sup>, А.Ф.Малышев<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>3</sup> “Кен-Тоо” долбоордук борбору, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>4</sup> МИ “Кыргыз геология”, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1,2</sup> КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>3</sup> Проектный центр “Кен-Тоо”, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>4</sup> ГП “Кыргыз геология”, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-4763-1232

**O.D. Kabaev<sup>1</sup>, B.S. Maatkerimova<sup>2</sup>, A.O. Kabaev<sup>3</sup>, A.F. Malyshev<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> Kyrgyz State Technical University n.a. I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>3</sup> Project center "Ken-Too", Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>4</sup> SE "Kyrgyz Geology", Bishkek, Kyrgyz Republic

*e-mail:* danco-om@mail.ru, b.maatkerimova@mail.ru, kaziz@list.ru

## МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САРЫДЖАЗСКОЙ ПОДВИЖНОЙ ЗОНЫ

### САРЫЖАЗ КЫЙМЫЛДУУ ЗОНАСЫНЫН МЕТАЛЛОГЕНИЯЛЫК ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

### METALLOGENIC FEATURES OF THE SARYJAS MOBILE ZONE

*Герцин орогенези мезгилинде Нарын СФЗнин структуралык-материалдык комплекси Тянь-Шандын (мындан ары - Т.Ш.) бүктөлгөн зоналарында сызыктуу-блоктук структуралардын жана көп сандаган түртүү структураларынын жана терең жаракалардын пайда болушу менен ар кандай даражада деформацияланган.*

*Терең жаракалар жана интрузивдик массивдер мейкиндик жана убакыт боюнча иш жүзүндө сейрек металлды камтыган: Түштүк Тянь-Шандын түндүк-чыгыш бөлүгүндөгү Сарыжаз, Кеңсу-Түрегелди, Аксай рудалуу аймактарынын түзүлүштөрүн көзөмөлдөйт. Интрузивдик түзүлүштөр жана структуралык-материалдык комплекс (СМК) айрым металлдар үчүн геохимиялык адистештирилген жана рудалардын тиешелүү түрлөрүнө ээ. Интрузивдик массивдердин (адистештирүүлөрүнүн) геохимиялык ориентацияларына кошумчалар киргизилген: Үчкошкон массиви калай минерализациясына багытталган; Ташкоро – калай – вольфрам - сейрек металл; Суходол - калай - вольфрам - литий жана сейрек металлдар; Эңилчек - калай-вольфрам-ниобий-сейрек кездешүүчү металл; Майдаадыр – калай – сульфид - никель минералдашуусу.*

*Региондорду изилдөө үчүн геохимиялык типтердин ичинен плюзиттик сейрек металл лейкограниттер эң чоң мааниге ээ жана түйүндөрдүн калай-сейрек-металл минералдашуусун контролдоочу алардын литий-фтор фациялары практикалык кызыкчылыкты туудурат: издөө жана геологиялык чалгындоо иштерин жүргүзүү, келечектүү аймактар (Эңилчек, Үчкошкон, Керегеташ ж. б.) Орто Тянь-Шандын түндүк-чыгыш бөлүгүндөгү Сарыжаз массиви.*

*Кендер, рудалуу аймактардын жана рудалык кластерлердин минералдашуу жана минералдашуу зоналары негизги тигиш тиктерин - Николаев жана Атбашы-Эңилчек жарака линияларын бойлото жайгашкан. Эңилчек руда тобунун гранитоиддик массивдери эки фазадан – негизги жана кошумчадан түзүлөт.*

*Полиформация менен мүнөздөлгөн участкардун эң көп саны (касситерит-кварц жана сульфид-касситерит формациясынын минералдык бирикмелеринин кеңири таралышы, ошондой эле метасоматикалык алмаштыруу процесстеринин кеңири көрүнүшү менен ири калай, вольфрам жана литий кендеринин белгилери, көп сандагы геофизикалык жана литогеохимиялык аномалиялар, чоң көлөмдөгү тамырлуу рудалык тулкулар) Эңилчек рудалык түйүнүнүн борбордук жана түштүк-батыш бөлүктөрүндө жайгашкан.*

**Түйүндүү сөздөр:** сейрек металл, руда аймагы, руда түйүнү, минерализация, руда талаасы, жарака.

*В период герцинского орогенеза структурно-вещественного комплекса Нарынской СФЗ были в разной степени деформированы с образованием линейно- блоковых структур и многочисленных надвиговых структур и глубинных разломов в складчатых зонах Тянь-Шаня (далее - ТШ).*

*Глубинные разломы и интрузивные массивы в пространстве и времени контролируют размещение, собственно редкометалльных, редкометаллоносных формаций: Сарыджазского, Кенсу – Турегельдынского, Аксайского рудных районов северо-восточной части Южного Тянь-Шаня. Интрузивные образования и структурно-вещественный комплекс (СВК) геохимически специализированы на определенные металлы и имеют соответствующие типы руд. Произведено дополнение геохимическим ориентациям интрузивных массивов (специализации): Учкошконский массив ориентирован на оловянную минерализацию; Ташкоринский - олово-вольфрам-редкометалльную; Суходольский – олово – вольфрам - литиевую и редкометалльную; Иньльчекский – олово-вольфрам-ниобий-редкометалльную; Майдаадырский - олово- сульфидно-никелевые минерализации.*

*Среди геохимических типов плюмазитовые редкометалльные лейкограниты представляют наибольшее значение для изучения районов, а их литий фтористые фации, контролирующие оловянно - редкометалльные оруденения узлов, имеют практический интерес: проведены поиски и геологоразведка на перспективные площади (Иньльчекский, Учкошконский, Керегеташский и др.) Сарыджазского массива северо-восточной части Срединного Тянь-Шаня.*

*Месторождения, оруденения и зоны минерализации рудных районов и рудных узлов расположены вдоль главных сутурных швов – линии Николаева и Атбаши-Иньльчекского разлома. Гранитоидные массивы Иньльчекского рудного узла сформированы в две фазы - главную и дополнительную.*

*Наибольшее количество участков, характеризующихся полиформационностью, (широким распространением касситерит – кварцевой, кварц-касситерит-вольфрамитовой и сульфидно-касситеритовой формаций, а также признаками крупных оловянных, вольфрамовых и литиевых месторождений с широким проявлением процессов метасоматического замещения, наличием большого количества геофизических и литогеохимических аномалий, крупных по размерам жильных рудных тел. Участки расположены в центральной и юго-западной частях Иньльчекского рудного узла.*

**Ключевые слова:** редкие металлы, рудный район, рудный узел, рудное поле, минерализация, разлом.

*During the Hercynian orogeny, the structural and material complex of the Naryn SFZ was deformed to varying degrees with the formation of linear-block structures and numerous thrust structures and deep faults in the folded zones of the Tien Shan (hereinafter - TS).*

*Deep faults and intrusive massifs in space and time control the placement of actually rare-metal, rare-metal formations: Sarydzhas, Kensu-Turegeldy, Aksai ore regions of the northeastern part of the South Tien Shan. Intrusive formations and the structural-material complex (SMC) are geochemically specialized for certain metals and have the corresponding types of ores. An addition was made to the geochemical orientations of intrusive massifs (specializations): The Uchkoshkonsky massif is oriented to tin mineralization; Tashkorinsky - tin-tungsten-rare metal;*

*Sukhodolsky - tin - tungsten - lithium and rare metals; Inylcheksky - tin-tungsten-niobium-rare metal; Maidaadyr - tin-sulfide-nickel mineralization.*

*Among the geochemical types, plumasite rare-metal leucogranites are of the greatest importance for the study of areas, and their lithium-fluorine facies, which control tin-rare-metal mineralization of nodes, is of practical interest: conducting searches and geological exploration in promising areas (Inylcheksky, Uchkoshkonky, Keregetashsky, etc.) Sarydzhas massif of the northeastern part of the Middle Tien Shan.*

*Deposits, mineralization and mineralization zones of ore regions and ore clusters are located along the main suture sutures - the Nikolaev and Atbashi-Inylchek fault lines. The granitoid massifs of the Inylchek ore cluster are formed from two phases - the main and the additional.*

*The largest number of sites characterized by polyformation (the wide distribution of cassiterite - quartz and sulfide-cassiterite mineral associations of the formation, as well as signs of large tin, tungsten and lithium deposits with a wide manifestation of metasomatic replacement processes, the presence of a large number of geophysical and lithochemical anomalies, large-sized vein ore bodies) is located in the central and southwestern parts of the Inylchek ore cluster.*

**Key words:** rare metals, ore region, ore cluster, ore field, mineralization, fault.

Все большее применение редких металлов (лития, рубидия, цезия, ниобия, тантала, олова, вольфрама и др.) в различных отраслях промышленности с каждым годом растет. Проведенные широкие поисковые, поисково-съёмочные работы до 1975 года по всей территории Кыргызстана с целью расширения сырьевой базы редких привели к выявлению новых месторождений рудопроявлений минерализованных зон рудных узлов этих элементов. В связи с этим возникла необходимость к уточнению и пересмотру генетических и промышленных типов редкометаллоносного оруденения Сарыджазского рудного района. В настоящее время в рудных узлах восточной зоны возникла необходимость изучения редкометаллоносности пегматитовых дайковых, жильных зон и перспективных альбитизированных зон гранитов с вмещающими толщами, многие годы к которым не уделяли должного внимания. Благодаря современному состоянию потребности промышленности и резким, небывалым ростом цены на мировом рынке редким металлам возникла цель анализировать юго-восточной части Южного Тянь-Шаня (далее - Юж. ТШ) – Сарыджазского жесткого массива. Кенсу–Турегельдынского, Аксайского рудных районов и в том числе Иньльчекского, Учкошконского, Керегеташского и др. рудных узлов, кроме олова, вольфрама на собственные редкие элементы (Li, Rb, Cs, Nb, Ta и др.).

Огромный Сарыджазский тектонический жёсткий массив восточной часть Среднего Тянь-Шаня (Ср.ТШ), сложен древними породами гранитно-метаморфического слоя. Куйлю-Сарыджазский блок представлен породами, по некоторым оценкам, с возрастом от архея (свита Куйлю) до верхнего протерозоя (Киселёв В.В., 1988). Блок древних жёстких пород выделен при тектоническом районировании (Жуков Ю.В., 1987) как геоантиклинальная Акшийракская складчатая зона (рис. 1) [1].

В период герцинского орогенеза (С<sub>2,3</sub>), происходившего в Южно-Тяньшанской зоне, породы структурно-вещественного комплекса Нарынской СФЗ были в разной степени деформированы с образованием брахиформной и линейной мезо-складчатости с открытыми и флексуобразными складками, а также с формированием многочисленных надвиговых структур и глубинных разломов (рис. 2) [1,2].

Крупные глубинные разломы субширотного, северо-восточного и северо-западного направления и интрузивные массивы в пространстве и времени контролируют размещение, собственно редкометалльных, редкометаллоносных фомаций: касситерит-кварцевой, апогранит-редкометальной, кварц – турмалин - вольфрамитовой, кварц-турмалин-вольфрамит-касситеритовой, бериллий – вольфрамит - оловянный, сульфидно-касситеритовой и др. формации Сарыджазского, Кенсу– Турегельдынского, Аксайского рудных районов северо-восточной зоны Южной части Кыргызского Тянь-Шаня [3,4].

Рудоносные интрузивные гранитоидные массивы рудных районов формировались в позднекаменноугольно - и среднекаменноугольно-раннепермском периоде тектоно-магматической активизации.

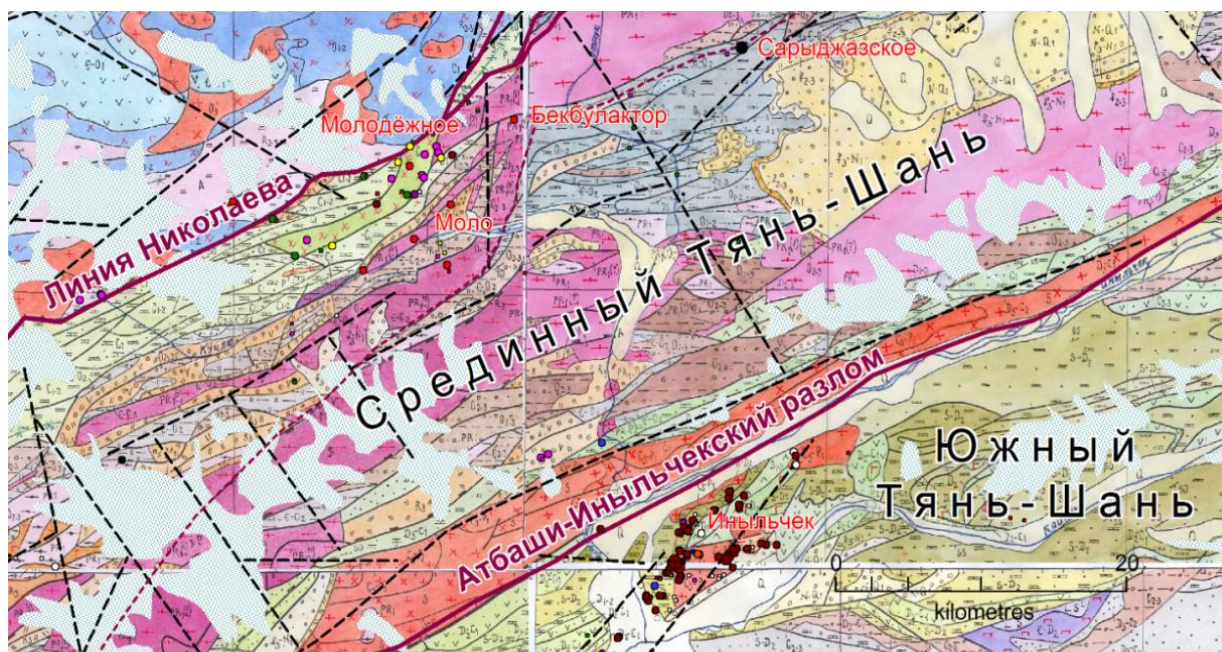


Рис.1. Комплексная структурно-формационная карта северо-восточной зоны Кыргызского Тянь-Шаня с нагрузкой редкометалльного (Sn, W, Li, Rb, Cs, Nb, Ta, Be и др.) оруденения и результатов интерпретации магнитного поля (по А.Г.Шевкунову, О.Д. Кабаеву и др. 2014г.)

Интрузивные образования данного СВК относительно разнообразны, но немногочисленны и распространены преимущественно вдоль главных сутурных швов – линии Николаева и Атбаш-Иныльчекского разлома. В Байбичетауской подзоне выделены подобные комплексы интрузий (Теректинский, Уланский) направленные тектоническому районированию Тянь-Шаня на структурно – формационной основе по В.А.Николаеву, В.И.Попову, А.В.Пейве. Вдоль этого разлома расположены олово-редкометалльные, оловянные, оловянно-вольфрамовые и собственно редкометалльные рудные узлы (Иныльчекский, Учкошконский, Керегеташский и др.) [5,6] (рис. 1,2).

Гранитоидные массивы Ташкоро, Суходол, Иныльчек, Аtdжайляу, Майдаадыр, Иныльчекской структурной зоны характеризуются геохимической специализацией на олово-вольфрам и редкометалльные оруденения и сформированы из двух фаз - главной и дополнительной [3]

Граниты массивов отличается высоким содержанием кремнезема до 70-76% и щелочей – 9%) с калием, повышенным - двухвалентного железа с преобладанием над трехвалентным, значительным - кларковых концентрации олова, вольфрама, рубидия и фтора. По петрографически - геохимическим и геологическим особенностям гранит-лейкогранитовой формации Тянь-Шаня расчленяются на субщелочные, субщелочные лейкограниты и калиевые граниты. Абсолютный возраст массивов рудного узла колеблется от 303 до 368 млн. лет [7].



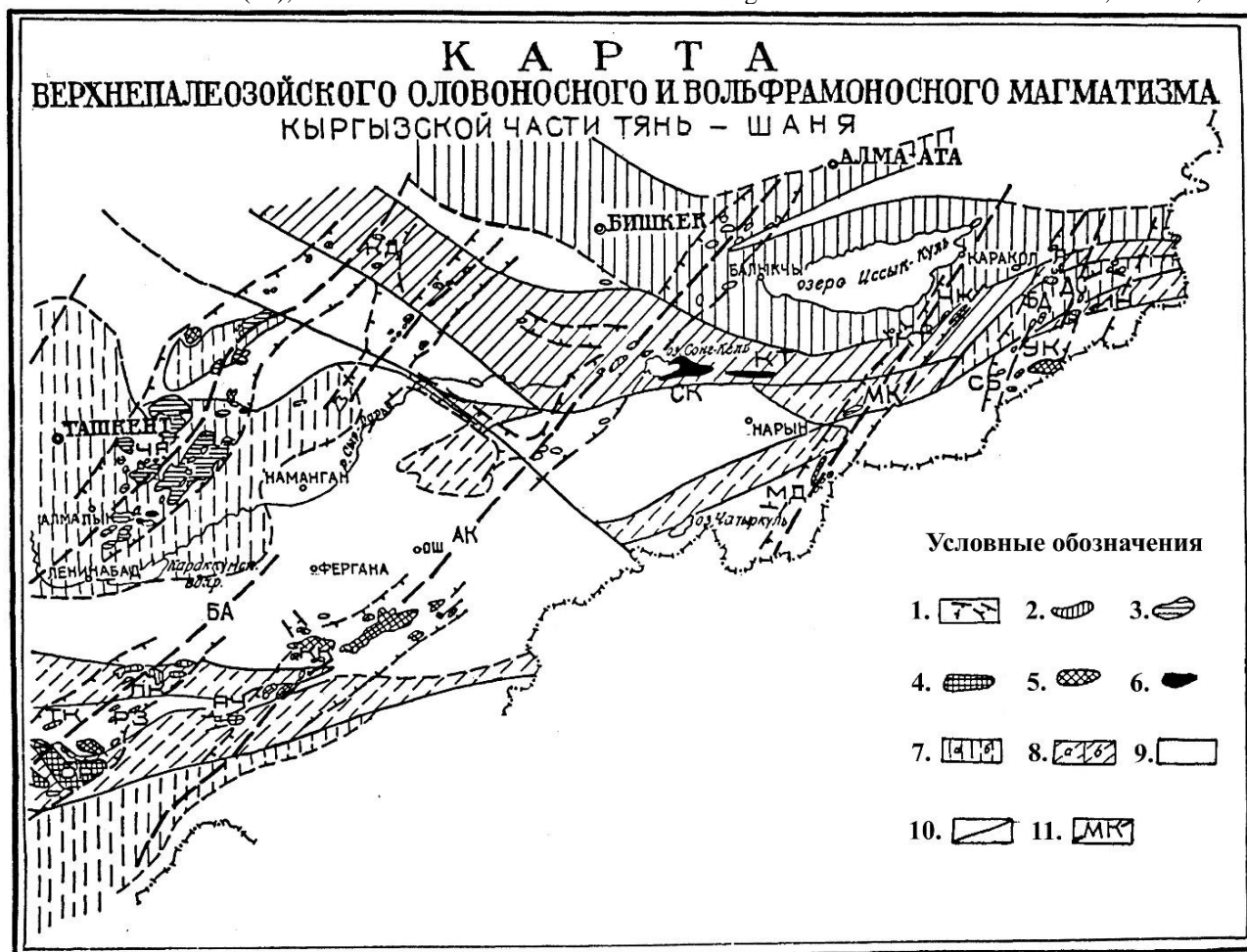


Рис. 2. Схематическая геологическая карта верхнепалеозойского оловоносного и вольфрамоносного магматизма Кыргызской части Тянь-Шаня. Масштаб: 1:1 500 000.

Составили А.Б. Павловский, В.А. Ставинский (1970).

1.— пояса развития интрузивных пород верхнепалеозойского оловоносного магматизма. **гранит – лейкогранитовая магматическая формация:** 2.— субформация гранитов субщелочных; 3.— субформация лейкократовых гранитов субщелочных; 4— субформация калиевых гранитов; 5.— Монцогранодиорит-гранитовая (рапакиви) форма- ция; 6.— габбро-монцонит-сиенитовая формация; 7.— срединные массивы; 8.— геоантикли- нальные поднятия; 9.— геосинклинальные прогибы; 10.— границы складчатых систем; 11.— оси зон поперечных глубинных разломов: БК-Байсун-Куратинский; БА-Батаг-Аспаринский; АК- Алай-Кеминский, МК-Мудрюм-Кегенский; БД-Бедель-Джержалан- ский; ДС-Джангарт- Сарыджазский; КТ-Конгарт-Турегельдынский. **Интрузивные поля:** КД-Караджилгинское, ЧК-Чон Кызылсуйское, КТ-Керегеташское, ДТ-Джолко- лот-Турукское, ЧА-Четсув- Акташское, КБ-Каратюбинское, ЛК-Ляйляк-Каравшинское, ИН-Иныльчекское, ГТ- Гетинское, ТК-Тагобикуль-Кумарское, РЗ-Рарзское, АЧ-Ачик- алминское, КК- Караказьское, МД-Мудрюмское, СБ-Пикертык-Сарыбулакское, УК-Учкошконское, СК- Сонкульское, КТ-Коктурпакское, УЛ-Уланское, УГ-Улугтаусское, СТ-Сурметашское.

На стадии главной фазы в пределах зон глубинных разломов формируются небольшие интрузивные тела трещинного типа. Форма массивов сложная часто с дайкоподобными апофизами. Контакты с вмещающими породами секущие, крутые, осложненные эруптивной брекчийей. Центральные части гранитных массивов преимущественно сложены крупно- зернистыми, а у краевых—появляются зоны мелко - и среднезернистых гранитов, по- степенным переходом.

В период дополнительной фазы образованы небольшие массивы неправильной формы

с видными ответвлениями, протяженными апофизами, секущими, согласными и кольцевыми структурами. Кроме того интрузивные массивы характеризуются типичным зональным строением, пегматоидными выделениями в апикальных частях, структурной изменчивостью по падению, и наличием апофиз. В них повышаются содержания олова, рубидия при некотором занижении содержания вольфрама с увеличением концентрации кремнезема, кальция, титана, магния, двух- и трехвалентного железа [3,5,8].

Калий-рубидиевые отношения в породах обеих фаз (65 и 50 соответственно) характеризуются крайне низкими значениями [5,6].

В Джангиджирском и Майдантаг-Кокшаальском прогибах они характеризуются повышенной основностью и щелочностью относительно более кислых гранитов Иныльчекского поднятия.

Представители гораздо более многочисленной группы геохимических типов коровых гранитоидов характеризуются, как правило, прямой генетической связью с сопровождающим оруденением, однако их металлогеническая значимость неравноценна. Металлогеническая роль при формировании редкометалльного оруденения принадлежит ультраметаморфогенным и полигенным гранитам нормальной щелочности. Среди геохимических типов плюмазитовой линии наибольший практический интерес представляют плюмазитовые редкометалльные лейкограниты и их литий фтористые фации, контролирующие оловянно-редкометалльные узлы (Иныльчекский, Учкошконский, Керегеташский и др.) Сарыджазского массива северо-восточной части Среднего Тянь-Шаня [7,8,9].

Складчатые структуры Южного, Среднего и Северного Тянь-Шаня пересекаются поперечными глубинными разломами, образуя благоприятную зону с редкометалльным оруденением. В том числе в пределах Иныльчекского, Учкошконского, Керегеташского и др. рудных узлов Сарыджазского жесткого массива и имеющий свое продолжение на территориях Узбекистана, Таджикистана и в Китайской Народной Республике и др. На территориях продолжения поперечных разломов формируются собственно редкометалльные (Li, Rb, Cs, N, Ta и др.) и оловянно-вольфрамовые, кварц-турмалин-касситеритовые оруденения распространены не равномерно. Так на территории Кыргызской части Тянь-Шаня основные крупные рудные залежи редкометалльного оруденения сосредоточены Южном, средние и мелкие в Среднем, мелкие незначительные проявления в Северном Тянь-Шане. Этим основным структурам особое значение имеет многообразие тектонических, структурно-вещественных комплексов, рудноформационных и геолого-генетических промышленных типов перспективного редкометалльного оруденения [8,9].

В Иныльчекском рудном узле по времени и условиям формирования горных пород выделяются три структуры: южная окраина Сарыджазского среднего массива, Иныльчекская раннегерцинская и Кокшаальская позднегерцинская складчатые зоны [9,10].

Преимущественно олово, олово-вольфрамовые месторождения, рудопроявления и собственно редкометалльные минерализации (литий, рубидий, бериллий, ниобий тантал и др.) пространственно и во времени ассоциируют с гранитоидными и монзонитоидными массивами Учкошконского и Иныльчекского рудных узлов. Оруденения этих рудных узлов связаны с зонами эндо и экзоконтактов гранитоидных массивов: оловянные оруденения (месторождения Учкошкон, Сарыбулак, Аtdжайляу и др.) связаны с среднезернистыми аплитовидными и мелкозернистыми биотитовыми гранитами Учкошконского массива Акшийракского рудного узла; олово-вольфрамовые, цезиевые оруденения (Трудовой, Ташкоро и др.) приурочены к мелкозернисто-биотит-гранитному Ташкоринскому массиву главной фазы; олово-вольфрам-редкометалльные (ниобиевый, тантал и др.) оруденения (Кольцовой, Лесистый, Широкий, и др.) – магматическим гранит-лейкогранитовым и монцогранодиорит - гранитовым массивам дополнительной фазы Иныльчекского массива; олово-вольфрам собственно-редкометалльные (литий, рубидий, бериллий ниобиевый, тантал) оруденения (Суходол, Чиликолот-II, Музейное и др.) – двуслюдяным кварц - альбитовому граниту первой фазы Суходольского гранитного массива; олово - вольфрамовые, литиевые, бериллиевые, ниобий танталовые (редкометалльные) оруденения (Шлиховый,

Пегматитовый, Рыжий, Амазонитовый и мелкие редкометалльные объекты минерализации и др.) – дайковым, жильным пегматитовым образованиям, приуроченных к метаморфогенно - осадочно-вулканогенным толщам силура, расположенным между Иныльчекскими и Суходольскими массивами; олово-полиметаллические (Кунан-Ашуу, Сульфидный и многочисленные минерализованные точки) связаны с биотит - микроклиновым Майдаадырским массивом Иныльчекского рудного узла; никель-кобальтовые оруденения (Карачукур и многочисленные минерализованные точки) связаны с метаморфогенно-осадочно-вулканогенными толщами силура Майдаадырского рудного поля; вольфрамовые оруденения (Кенсу, Кумбель, Турегельдын и др.) приурочены к зонам эндо и экзоконтактов габбро-монзонит-сиенитовой и габбро-монцодиорит гранодиоритовой формаций Кумбельского массива [3, 5, 7, 8, 9].

Таким образом, в процессе концентрации редкометалльной минерализации рудоносных массивов особое значение имеет геохимическое состояние рудовмещающих редкометаллоносных интрузивных и метаморфогенных вулканогенно-осадочных толщ, расположенных в перспективных структурах рудо локализации.

**Заключение.** Региональный анализ формирования редкометалльного оруденения Иныльчекского, Учкошконского, Керегеташского и др. рудных узлов позволил сделать следующие выводы:

1. Редкометалльные и собственно редкометалльные (Li, Rb, Cs, Nb, Ta и др.) оруденения размещены в зонах пересечения субширотных меридианальных глубинных разломов преимущественно северо-восточного и северо-западного простирания и их сопровождающих мелких трещин;

2. Вдоль зон глубинного разлома северо-восточного простирания в пределах геохимически специализированных интрузивных массивов прослеживаются соответствующие редкометалльные рудные залежи различной минеральной ассоциации;

3. Установлено, что интрузивные массивы имеют следующие геохимические ориентации (специализации): Учкоконский массив ориентирован на оловянную; Ташкоринский – олово – вольфрамовую; Суходольский - олово-вольфрам-литиевую и редкометалльную; Иныльчекский – олово-вольфрам-ниобий-редкометалльную; Майдаадырское олово - вольфрам - сульфидную минерализацию;

4. Редкометалльные минерализации различной рудносной формации парагенетически ассоциируются с соответствующими геохимическими типами интрузии эндо и экзоконтактовых зон гранитных массивов.

### Список литературы

1. Баев, Д.Г.,. Геологическое строение и полезные ископаемые хребта Акшийрак (восточный): отчёт Акбельской партии / Д.Г.Баев, В.И. Чернов, А.В. Шибков // ТГФ. – Бишкек:1989. - 145 С.

2. Трифонов, Б.А. Особенности герцинской металлогении Восточной Киргизии / Б.А.Трифонов, Л.И. Соломович, Н.Й. Дорошенко // Сов.геология. - Л.: 1984. - с 56-61.

3. Дорошенко, Н.И. Условия локализации оловянного оруденения в Сарыджазском рудном районе / Н.И.Дорошенко, А.С. Синайский, В.А. Ставинский // Сов.геология., - Д II. 1970. с 42-49.

4. Крючков, А. С. Геолого - структурные условия локализации оловорудных месторождений Иныльчекского рудного поля и их промышленные перспективы / А.С. Крючков // Разведка и охрана недр. - 1972. - №12. – с. 10-15.

5. Павловский, А. Б. Геология оловорудных месторождений Восточной Киргизии /А.Б. Павловский, А.С. Крючков, Н.К. Маршукова и др. - М.: Недра, 1977. - 192 с.

6. Кабаев, О. Д., Основные черты геологического строения редкометалльных месторождений Иныльчекского рудного узла / О.Д.Кабаев, К.С. Супамбаев, А.О. Кабаев, Б.С.Мааткеримова /Горный журнал . – Бишкек: 2022.– Том 2 (2). - с 11-18.

7. Ставинский, В.А. Промежуточный отчет по разведочным работам 1964-1965 гг, на редкометалльно-оловянных месторождениях Трудовое и Ташкоро-Суходол / В.А.Ставинский, Ф.И. Борисов, О.В. Антонов и др. // Упр.геол.Кирг.ССР. – Фрунзе: 1966. - 115 с.

8. Супамбаев, К. С. Закономерности формирования и перспективы пегматитовой жильной зоны на редкометалльные (литий, рубидий, вольфрам и др) оруденения Иньльчекского рудного узла: отчет НИР. Кыргызский институт минерального сырья / К.С.Супамбаев, О.Д. Кабаев, Б.С. Мааткеримова и др. // КГТУ им. И.Раззакова. - Бишкек: 2022. - 61с.

9. Соломович, Л.И. Герцинский интрузивный магматизм Кыргызстана. Автореф.докторской. дисс. / Л.И.Соломович. - М.: 1997. - 44 с.

10. Павлов, Р.М. Поперечные тектонические структуры запада Кыргызского Тянь-Шаня и их рудоносность: Автореф.канд.дисс. / Р.М.Павлов. - М.: 1974. - 23 с.



**Т.Ш.Пазылов<sup>1</sup>, Н.В.Коробовский<sup>2</sup>, С.Н.Рахматов<sup>3</sup>, К.З.Курманалиев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>директор ООО «ТИМайнинг»

<sup>2</sup>пред.совета директоров "Горный ключ"

<sup>3</sup>генеральный директор «Альянс Алтын»

<sup>4</sup>горный инженер-геолог

Бишкек, Кыргызская Республика

**T. Sh. Pazylov<sup>1</sup>, N.V.Korobovsky<sup>2</sup>, O. Sh. Shamshiev<sup>3</sup>, K.Z. Kurmanaliev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>director of LLC "TIMining"

<sup>2</sup>CEO "Gorny Kluch"

<sup>3</sup>general director «Alliance Altyn»

<sup>4</sup>mining geologist

Bishkek, KR

Timaspaniard@gmail.com \_grfgeology@gmail.com

## **ЛИЦЕНЗИОННОЕ И ДОГОВОРНОЕ ПРАВО В ГОРНОЙ ОТРАСЛИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. СОБСТВЕННОСТЬ ПРАВА ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ**

### **КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ЛИЦЕНЗИЯ ЖАНА КЕЛИШИМ УКУКТАРЫ. ЖЕР АСТЫНДАГЫ КЕНДЕРДИ ПАЙДАЛАНУУ УКУГУНА МЕНЧИК**

### **LICENSING AND CONTRACT LAW IN THE MINING INDUSTRY KYRGYZ REPUBLIC. OWNERSHIP OF THE RIGHT TO USE SUBSOIL KYRGYZ REPUBLIC. OWNERSHIP OF THE RIGHT TO USE SUBSOIL**

*Кыргыз Республикасынын тоо-кен укугунда лицензия режими – уруксат берүүчү, ачык-укуктук режим үстөмдүк кылат. Келишим укугу жарандык-укуктук – концессиялык келишим катары Кумтөр долбоорунда гана колдонулган: анда продукцияны сөзсүз бөлүп алуу тууралуу мурда эч качан болбогон келишим бар. Кыргызстандын уруксат берүүчү жана келишим системасынын эмпирикалык тажрыйбасы лицензия системасын тармактын рудалык эмес жагына дагы колдонууга сунушталат жана рудалык кен ордолорун келишимдик- концессиялык режимге которот, ошондой эле тобокелдик барбы, жокпу, эсепке алынбастан сервистик макулдашууга, продукцияны бөлүп алууга макулдашылат. Мындай мамиле жер астындагы ресурстарга карата менчикке укуктук категорияны киргизүүгө мүмкүндүк берет жана жер астындагы иштетилген продукцияга да менчик укугун киргизет. Макалада ушул маселелер тууралуу сөз болот.*

**Түйүндүү сөздөр:** жер астындагы кендерди пайдаланууга лицензиялык укук, келишим укугу, ресурстардын иштетүүдөн алынган продукцияга менчик укугу.

*В горном праве Кыргызской Республики доминирует лицензионный режим - разрешительный, публично-правовой. Договорное право как гражданско-правовое - концессионное применено только в проекте Кумтор; соглашение о разделе продукции без прецедентов. Эмпирический опыт Кыргызстана разрешительной и договорной системы позволяет предложить использование лицензионной системы в нерудной части отрасли и рудные месторождения перевести на договорной режим- концессионный, соглашения о разделе продукции, сервисный с риском и без риска. Это позволит ввести правовые категории на собственность на ресурсы в недрах и собственность на продукт разработки недр.*

**Ключевые слова:** лицензионное право пользования недрами, договорное право, собственность на продукты переработки ресурсов.

*The mining law of the Kyrgyz Republic is dominated by the licensing regime - permissive, public law. Contract law as civil law - concession law is applied only in the Kumtor project; production sharing agreement without precedents. Empirical experience of Kyrgyzstan's licensing and contract system allows us to propose the use of a license system in the non-mineral part of the industry and transfer ore deposits to a contractual regime - concession, production sharing agreements, service with risk and without risk. This will allow introducing legal categories of ownership of resources in the subsoil and ownership of the product of subsoil development.*

**Key words:** licensing right to use the subsoil, contractual right, ownership of the products of resource processing.

**Введение.** В теории права для возникновения и существования самостоятельной отрасли права необходимо выполнения четырёх условий:

- государственный интерес к созданию такой отрасли права;
- специфика регулируемых общественных отношений, составляющих предмет самостоятельного правового регулирования;
- потребность в особом методе правового регулирования;
- наличие либо потребность в особых источниках права [12].

Доминирующее место в предмете горного права в Кыргызской Республике занимают отношения недропользования в связи с геологическим изучением, эксплуатацией недр. Государственное управление недропользованием осуществляется уполномоченным органом Правительства Кыргызской Республики Министерством природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики – Департаментом по геологии и недропользованию. Механизм управления недропользованием относятся к следующим отношениям:

1. Лицензирование недропользования (исследовательские, разработка и несвязанные с геологической деятельностью);
2. Ведение кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых.
3. Ведение и учет балансовых запасов полезных ископаемых.
4. Горный отвод.
5. Контроль за охраной недр.
6. Регулирование платы за пользование недр.
- 7.оборот горно-геологической информации.
8. Обеспечение безопасности ведения горных работ.
9. Контроль нарушений недропользования и охраны окружающей среды.

Метод горного права основывается на доминировании правового регулирования горного права, исходящего от:

- ✓ первое, «исключительная собственность государства на недра, источник благосостояния народа [Конституция, Закон «О недрах»];
- ✓ второе, недра относятся к компонентам природной среды;
- ✓ третье, не разработанная, но декларируемая, ценность недр как природного ресурса - объекта собственности, следовательно, должна рассматриваться как экономическая категория;
- ✓ четвёртое, использование недр обладает свойствами для общественного интереса;
- ✓ пятое, при вовлечении в использовании недр третьей стороны - инвестора возникают отношения, исходящие из принципа добросовестной практики ведения бизнеса;
- ✓ шестое, возникают коллизии триады собственности - владение, пользование, распоряжение;
- ✓ седьмое, невозобновляемость природной составляющей ресурсов недр;
- ✓ восьмое, исходя из положения Указа Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021 г. №5 - государство входит как обязательный участник горных отношений

не только с управляющими и регулятивными функциями, но и как участник - сторона бизнес-процесса в горных отношениях[3,10,11,18].

Принципы горного права в Кыргызской Республике отражаются как в приведенном Указе Президента Кыргызской Республики №5 (инновация внедрения 100% и долевой собственности в распределение продукта извлеченного из недр) - новая форма пользования недрами, неразработанная в горном праве Кыргызской Республики, так и в виде: развития недропользования; собственности на недра; лицензировании недропользования; государственного контроля и управления; платности; ООС; вовлечения местных сообществ в принятие решений.

При реализации изложенных принципов и методов горного права в Кыргызской Республике центральное место занимает предоставление, управление и регулирование отрасли посредством лицензионного и договорного права.

Целью работы является рассмотрение представления права пользования недрами в Кыргызской Республике лицензионным и договорным методами с задачами определения влияния и оптимальности правовых норм, критериев, обоснований, методов и инструментов лицензирования, договоров, соглашений на управляемость, регулируемость и результативность недропользования в стране. Основным методом исследования - возникновение и существование, уровень самостоятельности и\или зависимости горного права.

**Лицензионное и договорное право.** Лицензионное право пользования недрами Кыргызстан во многом унаследовал от Горного положения СССР, 1927 г. [2], по которому предусматривались исследование недр на основе «разрешения», при этом разработка месторождений, обнаруженных в результате работ, предусматривалась на основе договоров. Позже в СССР в условиях плановой экономики без участия частного капитала договора не упоминались, предоставление пользование недрами осуществлялось на принципе предоставления недр в пользование на основе специального разрешения [3,4]. Разработка, горный отвод, регулирование отрасли осуществлялись на основе подзаконных ведомственных нормативно-правовых актов.

Доминирование лицензионного режима недропользования в системе горного права Кыргызской Республики определяется изначальным внедрением режима первым Законом Кыргызской Республики «О недрах», принятом в 1992 г., в настоящее время регулируется двумя нормативным и документами: Законом «О недрах», 2018 г. и Положением о порядке лицензировании недропользования, утверждённого Постановлением Правительства Кыргызской Республики от 29 ноября 2018 года №561.

Лицензионное право недропользования относится к разрешительно-лицензионной системе Кыргызской Республики и определяет взаимоотношение государства и частного сектора. Реализуется через административные и административно-общественные процедуры (аукцион, конкурс)[9].

Административный порядок распределения пользования недрами определяется возникновением прав на пользование после решения уполномоченного органа, оформленное решением и выдачей установленной формы бланка-лицензии и лицензионного соглашения. Последнее является неотъемлемой частью лицензии и кроме формальных данных определяет (статья 32): «5) целевое назначение работ; 6) порядок и условия пользования недрами; 7) сведения о передаче лицензии на право пользования недрами в залог; 8) сроки отчетности; 9) дополнительные сведения и условия», [9]. Договор не корректирует административный режим права пользования недрами. Соглашение не обладает сущностью гражданско-правовой сделки[9].

Подобную конструкцию лицензирования А.Б. Пешков определял как «правовой режим лицензионной деятельности является специальным административно-правовым режимом, для которого характерно наличие волеизъявления субъекта на добровольное приобретение специального статуса, в структуре которого отмечается преобладание позитивных обязанностей, что характерно для административно-правовых отношений» [15].

Лицензионное право оговаривает, через ссылочные нормы в статьях, пунктах, подпунктах Закона «О недрах» значительное количество публично-правовых обязанностей: соблюдение технического регламента, сроки предоставления технического проекта, сроки отчета, планы развития горных работ, сверхнормативные потери и разубоживание, запрет на выборочную отработку, ведение геолого-маркшейдерской документации, безопасность, санитария, охрана окружающей среды, рекультивация, и др.

Таким образом, государство в лицензионном правовом режиме выступает как субъект власти, собственник с использованием преимущества властного положения. Государство регулирует право пользования недрами - сущность гражданско-правовых отношений, но как следствие такой порядок вбирает в себя регулирующие правовые отношения и генерирует противоречия при применении [13].

Изменение условий рынка, к примеру цены на минеральное сырье, или объективные изменения геологических, горных, технологических параметров месторождения и их фиксация лицензией (соглашением) является не преодолимой трудностью для лицензиата. Фактически отрицается право пользования и владения. Право распоряжения, даже на опосредованном уровне, не рассматривается. Опосредованное распоряжение собственностью возможно только через представленное законом права передавать лицензию в залог.

В 2012 г. в через законодательство в порядке распределения лицензий был использован принцип состязательности распределения лицензий (аукционы и конкурсы), занимающие не более 10% от общего объема лицензирования. Изменения режима административного правового характера не произошло. Победитель аукциона, конкурса после утверждения результатов получает лицензию в соответствии с процедурами утверждения решения о выдаче лицензии и без изменений в лицензионном соглашении. Общий режим лицензирования без изменений, кроме фискализации элемента выбора претендента. В частности, одно из крупнейших месторождений Кыргызстана - Джеруй, после конкурса, определения победителя, оплаты 100 млн. долларов в виде бонуса функционирует в лицензионном правовом режиме.

Правовая природа лицензии - разрешительная, публично-правовая. Природа гражданско-правовой сделки государства и инвестора требует дополнительных исследований. Устанавливаются специальные правила, регулирования - контроль и подчинение пользования недрами государственным уполномоченным органам (охрана недр, балансовые запасы, техническая безопасность, ООС, платежный режим - бонусы и сборы за удержание лицензии).

Право пользования недрами по видам ограничивается жесткими временными рамками с последующей трансформацией лицензии для следующего этапа исследований или разработки на основе предоставления информации о степени исследования недр. Но нет существенных правил и требований к надежности, достоверности, полноте представленных материалов.

По принадлежности правового института лицензирования в системе горного права А.И. Перчик выделяет государственную систему лицензирования пользования недрами в качестве самостоятельного института горного права, устанавливающего единый порядок предоставления лицензий на пользование недрами, включающий информационную, научно-аналитическую, экономическую и юридическую подготовку материалов и их оформление [3].

О.М. Теплов толкует содержание института лицензирования права пользования недрами шире, включая в него наряду с правовыми нормами, закрепляющими единые правовые основания предоставления прав пользования недрами, и правовые нормы, связанные с изъятием таких прав [13,14].

Институт лицензирования не в полной мере предоставляет пользователю недр необходимые гарантии и не обеспечивает эффективного использования недр. Возможно, в силу слияния понятий «лицензия» и «разрешение» [17]. Действующее лицензионное соглашение, как неотъемлемая часть лицензии, директивно и императивно вводит элемент договорных правил, но без самого обсуждения и договора со стороны держателя лицензии.

Договорные отношения по лицензионному режиму, фактически определяется разрешительным режимом системы лицензирования.

Экономическая ограниченность лицензионного режима констатируется Дроздовым И.А. «При лицензионной системе экономическая ценность прав недропользования состоит лишь в тех правомочиях, которые предоставляются самому недропользователю в отношении участка недр... добывать полезные ископаемые, осуществлять их продажу третьим лицам, получая тем самым определенный доход. Между тем права недропользователя как таковые активом не являются, поскольку в обороте не участвуют. В отличие, например, от права аренды, они не могут быть предметом ни залога, ни уступки. Это сдерживает привлечение недропользователем банков и иных кредиторов, которые могли бы проинвестировать проект, но готовы делать это лишь при условии предоставления надежного обеспечения исполнения кредитного обязательства путем залога соответствующего права. Чем более свободно права участвуют в обороте, тем выше их рыночная стоимость и прозрачнее механизм её определения, а, следовательно, тем большие инвестиции могут быть привлечены не только собственно в разработку месторождения, но и на создание инфраструктуры» [5].

Возможно, этими факторами объясняется снижение количества лицензий на поиски и разведку золота (таблица 1), и тот факт, что из 59 лицензий на разработку рудного золота, в эксплуатационном режиме функционируют только 9 рудников.

Таблица 1 - Лицензии на геолого-поисковые и геологоразведочные работы 2018-2022 гг.

Вид полезного ископаемого	Поисковые лицензии					Разведочные лицензии				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Золото</b>	159	140	98	63	56	245	234	257	232	202
<b>Металлы</b>	25	21	26	19	17	61	58	65	66	65
<b>Уголь</b>	4	10	11	11	11	142	141	178	164	166
<b>Нерудные полезные ископаемые</b>	16	14	4	3	3	550	428	309	294	261
<b>Нефть и газ</b>	39	38	21	16	8	4	6	6	5	21
<b>Подземные воды</b>	1	-	-	-	-	7	7	6	7	7
<b>Итого</b>	<b>244</b>	<b>223</b>	<b>160</b>	<b>112</b>	<b>95</b>	<b>1009</b>	<b>874</b>	<b>821</b>	<b>768</b>	<b>722</b>

**Договорной режим недропользования.** Одновременно с лицензионным режимом пользования недрами в Кыргызской Республике возник и договорный режим (Закон Кыргызской Республики «О концессии и концессионных предприятиях», 1992 г.). Договорное право нашло свое применение в связи только с одним горным проектом - разработка месторождения Кумтор. Режим Соглашения о разделе продукции на практике в стране не применялся (Закон от 2003г). Договорной режим в большей мере востребован в горной практике в мире, в связи со значительной вариативностью геологического, горно-геологического и технологического свойств природных объектов – месторождений и значительными инвестиционными потоками в горный проект, находящейся в зоне неопределенности, рисков. Договора дают большее экономическое стимулирование, как по прописанным договорным обязательствам и правам (в частности переход права пользования недрами от собственника к частному капиталу), так и границе раздела дохода, прибыли. В практике Кыргызской Республики налоговый режим отрасли не исключается из договорного режима, что в значительной степени сдерживает развитие этого типа правоотношений. Договорной режим может обеспечить длительный, до окончания договора, срок стабилизации платежного и налогового режима, что весьма привлекательно для инвестиционного капитала. В условиях страны действовал единственный горный проект по указанному правовому режиму- проект Кумтор.

Договорное право на недропользование в силу неудачного использования по описанному проекту дискредитировало себя. Хотя этот правовой режим является

альтернативным административно-разрешительной системе лицензирования. За рубежом используется значительно шире. В практике используются: концессионные, о разделе продукции, арендные, сервисные, операционные и различные подтипы инвестиционных соглашений. Отмечается рост влияния договорных правовых режимов, регулирующих не только отношения между частными субъектами, но и между государством и частным инвестором. При этом государство выступает не только как властный субъект сделки, но и как субъект частного права – собственником, одновременно выступая в качестве стороны соглашения и гаранта сделки[4,5,11,19].

Известный специалист горного права Клюкин Б.Д. отмечает: «договора в сфере недропользования все чаще перестают быть лишь регулятором индивидуальных отношений недропользователя и государства, приобретая форму типовых соглашений и становясь самостоятельным источником нормативно-правового регулирования наряду с законом» [10].

Среди прочих типов договорных отношений, преобладающей формой является - концессия различных типов. К примеру, горное право Германии, Франции основывается на договорных по концессионному типу соглашениях. Множество типов концессий в общем виде заключаются в передаче государством в пользу частного лица за плату своих исключительных прав на деятельность. Обычно концессионный договор заключается на основе принятого государством суверенного акта- закона. Концессионеру переходят права собственности на добытую продукцию, вне или с действующего налогового режима страны. Клюкин Б.Д. считает, что с «юридической точки зрения концессионное соглашение предоставляет пользователю недр больше свободы и планирования добычи полезных ископаемых, при инвестировании, управлении и иных сферах, чем при административно-разрешительной системе недропользования» [10].

Соглашение о разделе продукции может модифицироваться в пределах трёх основных моделей[3]:

- Индонезийская (трёхступенчатая), когда добытые полезные ископаемые делятся после вычета издержек инвестора с обложением налогом доли инвестора.
- Перуанская (двухступенчатая), отличается отсутствием компенсационной продукции, все добытое делится целиком, но доля недропользователя облагается налогом.
- Ливийская (одноступенчатая) добытая продукция делится целиком, доля инвестора не облагается повышенным налогом.

Операционный (сервисный) договорной режим по сути является соглашением о предоставлении услуг с риском или без риска. Добытое сырье не переходит в собственность недропользователя, который за свой счёт осуществляет исследование месторождения, оценку, подготовку к эксплуатации и ведёт разработку месторождения. Государство компенсирует затраты инвестора и выплачивает ему премию за каждую единицу добытой продукции, возможны выплата фиксированной доли прибыли (роялти) и премия за открытое месторождение или наращивание запасов. Подтипы с риском или без отличаются в полном или частичном возмещении затрат в случае неудачной реализации исследовательского и эксплуатационного проекта. В том числе существуют соглашения, когда инвестор изначально или на первых этапах ведёт финансирование проекта за свой счёт.

Операционное соглашение или сервисное соглашение без риска представляет собой договор подряда.

В США и Канаде пользуются договором аренды. Заключается для добычи полезных ископаемых[10].

**Заключение.** Для отрасли горного права Кыргызской Республики возможно использование лицензионного права на нерудные полезные ископаемые, в доминирующем объёме инвестируемых местными частными юридическими лицами, в силу не столь значительной вариативности и вероятностного характера закономерностей распределения полезного ископаемого и горных условий.

Для отрасли рудных полезных ископаемых, вероятно, без внедрения институтов договорного права с соответствующей оценкой, разработкой детализированных категорий

ценности, стоимости горных проектов, разработки прозрачных и обоснованных норм раздела продукции и\или прибыли, дохода в силу очень значимой изменчивости распределения полезных компонентов, руды, высокой вариативности запасов по качеству и количеству, высокой изменчивости горных условий без внедрения системы горного права, основанного на управлении и регулировании от объекта - месторождения, трудно ожидать динамичного развития горных работ и инвестирования.

### Список литературы

1. Аксененок, Г. А. Земельные правоотношения в СССР / Г.А.Аксененок. - М.: Госюриздат, 1958.
2. Горное положение Союза ССР (утв. Постановление ЦИК СССР, СНК СССР от 09 ноября 1927 г.) // СПС «Консультант Плюс».
3. Горное право: Учебник для вузов — 3 изд., переработанное и дополненное. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
4. Данилина, О.А. Лицензионно-договорной режим недропользования / О.А.Данилина. - СПб.: С-ПГУ, 2018. - С.66.
5. Дроздов, И.А. О развитии правового регулирования недропользования / И.А.Дроздов // Вестник Высшего Арбитражного Суда РФ. - 2007. - №8. - С. 35.
6. Закон Кыргызской Республики «О недрах» от 19 мая 2018 г. №49.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/111782>
7. Закон Кыргызской Республики «О концессиях и концессионных предприятиях в Кыргызской Республики» №850-ХП, от 6.03.1992г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/800>
8. Закон СССР от 09 июля 1975 г. №1840-IX «Об утверждении Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» // СПС «Консультант Плюс». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=44596#sgStWrT44uFcvNzL>
9. Закон «О недрах». №42, 15.02.1992 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/542?cl=ru-ru>
10. Клюкин, Б.Д. Горные отношения Западной Европы и Америки / Б.Д.Клюкин. - М.: 2000. – 144 с.
11. Мадыков, М., Правовой режим недропользования в Кыргызстане: вопросы и ответы / М. Мадыков, Ж. Тагаева // И-пс «Токтом»
12. Мадалинов, А. Т. Горное право, как отрасль права Кыргызской Республики / А.Т.Мадалинов // Таврический научный обозреватель. – 2016. -№4 (9).
13. Морковских, К.Д. Административно-разрешительный метод в правовом регулировании отношений недропользования / К.Д.Морковских // Петербургский юрист. - 2016. - №4. - С. 141-147.
14. Певзнер, М.Е. Горное право: учебник для вузов, 3 изд., переработанное и дополненное / М.Е.Певзнер. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. - 375с.
15. Пешков, А.Б. Проблемы административно-правового метода регулирования советских общественных отношений / А.Б.Пешков. – Иркутск: 1974. – 111 с.
16. Теория государства и права : учебное пособие / под ред. А. В. Юрковского. – Иркутск : Иркутский юридический институт (филиал) Академии Генеральной прокуратуры РФ, 2016. – 620 с.
17. Третьякова, А.В. Правовое обеспечение лицензирования недропользования / А.В.Третьякова // Теория и практика общественного развития. 2014. - №12.
18. Указ Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021 г. №5 «О вопросах реформирования горнодобывающей отрасли Кыргызской Республики» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/>
19. Храпанюк, В.Н. Теория государства и право / В.Н. Храпанюк. –М.: ИПП «Отечество», 1993.

**Т.Ш.Пазылов<sup>1</sup>, Н.В.Коробовский<sup>2</sup>, С.Н.Рахматов<sup>3</sup>, К.З.Курманалиев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>директор ООО «ТИМайнинг»

<sup>2</sup>пред.совета директоров "Горный ключ"

<sup>3</sup>генеральный директор «Альянс Алтын»

<sup>4</sup>горный инженер-геолог

Бишкек, Кыргызская Республика

**T. Sh. Pazylov<sup>1</sup>, N.V.Korobovsky<sup>2</sup>, S.N.Rahmatov<sup>3</sup>, K.Z. Kurmanaliev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>director of LLC "TIMining"

<sup>2</sup>CEO "Gorny kluch"

<sup>3</sup>general director «Alliance Altyn»

<sup>4</sup>mining geologist

Bishkek, KR

Timaspaniard@gmail.com, grfgeology@gmail.com

## **СИСТЕМА ГОРНОГО ПРАВА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

### **КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ТОО КЕН УКУГУНУН СИСТЕМАСЫ**

#### **MINING LAW SYSTEM IN THE KYRGYZ REPUBLIC**

*Кыргызстандын тоо кен укук системасы Мыйзамдар менен Кодекстерде берилген. Тармакты башкаруу категориясы жер астындагы кендерди пайдалануунун лицензиялык режимдери жана Кумтөр кен ордосунун концессиялык келишимдик укуктук режими менен тастыкталат. Алтын кен тармагынын дүң кирешесинен алынган салыктар кен ордосунун бир тобун тескери рентабелдүүлүккө алып келет.. Жер астындагы кендерди пайдалануунун лицензиялык режими мамлекеттик-укуктук система катары инвестордун менчик укугун жетишерлик денгээлде аныктай албайт. Инвестициялык институттун кендерге нарк баасы менен кен ээсинин тоо кен рентасынан күткөн үмүтү, жер астындагы кен объектилеринин баалуулугу, жер астындагы кен ресурстарынын баалуулук категориясынын баалоо ортосундагы карама-каршылык, жер астындагы кенди пайдаланууну жөнгө салуучу укуктук ченемдердин жоктугу Кыргызстанда тоо-кен укугунун системасыз, үзүл-кесил мүнөзүн чагылдырат. Макалада жогоруда баяндалган актуалдуу маселелер тууралуу сөз болот.*

**Түйүндүү сөздөр:** Кыргызстанда тоо-кен укугу, салыктар, жер астындагы кендер тууралуу Мыйзам, менчик укугу, ресурстардын баалуулугу.

*Система горного права Кыргызстана представлена в Законах и Кодексах. Категории управления отраслью определяются лицензионным режимом недропользования и одним прецедентом договорного концессионного правового режима: месторождением Кумтор. Налоги от валового дохода золоторудной отрасли выводят часть месторождений в зону отрицательной рентабельности. Лицензионный режим недропользования как государственно-правовая система недостаточно определяет права собственности инвестора. Противоречия между стоимостной оценкой недр инвестиционного института и ожидания собственника недр от горной ренты; ценности объектов недр; оценка категории ценности ресурсов недр. Отсутствие правовых норм, регулирующих недропользование, образует фрагментарный и несистемный характер горного права Кыргызстана.*

**Ключевые слова:** горное право Кыргызстана, налоги, Закон о недрах, концессионный договор, право собственности, ценность ресурса.



*The mining law system of Kyrgyzstan is presented in Laws and Codes. Categories of industry management are determined by the subsoil use license regime and one precedent of the contractual concession legal regime: the Kumtor deposit. Taxes on the gross income of the gold ore industry bring part of the deposits into the zone of negative profitability. The licensing regime of subsoil use as a state legal system does not sufficiently define the investor's property rights. Contradictions between the investment institute's subsoil valuation and the subsoil owner's expectations of mining rent; values of subsoil objects; assessment of the category of value of subsoil resources. The absence of legal norms regulating subsoil use forms a fragmentary and unsystematic nature of mining law in Kyrgyzstan.*

**Key words:** *Mining law of Kyrgyzstan, taxes, Subsoil Law, concession agreement, property rights, resource value.*

**Введение.** Система горного права в Кыргызской Республике создана как совокупность правовых норм отраслевого права, разделённых на самостоятельные структурные единицы. По источникам они состоят из Конституции Кыргызской Республики, Кодексов, Законов, Постановлений Правительства Кыргызской Республики (положения), отраслевых норм (Инструкций и методических рекомендаций, форм отчётности и контроля).

По направлению существует дополнительный договорной источник права, который опирается на базовые Законы (в частности Закон о концессии и Закон о соглашении раздела продукции). В большей мере договорное право по горному проекту «Кумтор» с 1992 года базировался на автономизации бизнес-процессов и значительной части регулятивных норм, на серии соглашений между инвестиционной стороной и Кыргызстаном, как собственником ресурсов недр. Но не удачное использование договорных отношений в части раздела дохода между сторонами в значительной мере дискредитировал подобный источник горного права [2].

Как внедрение экономической и правовой парадигмы для горной отрасли выглядит Указ Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021г. №5, в котором, в частности, выделены следующие основные фундаментальные пункты[27]:

- «разработать...проект Горного кодекса Кыргызской Республики, направленный на создание целостной системы законодательства в сфере недропользования, предусматривающий:
  - ✓ разработку участков недр общегосударственного значения исключительно национальной горнодобывающей компанией со 100% участием государства в уставном капитале, за исключением предприятий, имеющих лицензию и разрабатывающих участки недр общегосударственного значения на момент принятия Горного кодекса Кыргызской Республики;
  - ✓ государственную долю при разработке месторождений полезных ископаемых, не входящих в реестр участков недр общегосударственного значения; условия приобретения государственной доли;
- провести аудит геологической информации для выявления экономически перспективных месторождений, а также расширения реестра участков недр общегосударственного значения;
- принять эффективные меры по стимулированию геологоразведочной деятельности и открытию новых месторождений с формированием базы для дальнейшего долгосрочного роста; рассмотреть возможность внедрения международной системы стандартов отчётности по запасам полезных ископаемых».

Приведёнными пунктами Указа Президента Кыргызской Республики вносятся новые условия управления и регулирования отрасли, возможность внедрения которых может определить экономическое и правовое направление развития отрасли на долгосрочный период.

Регулирующие нормы определяются инструкциями, положениями, методическими рекомендациями. В частности, инструкции «Классификация запасов месторождений и

прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых» и «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых», Инструкция «О содержании, оформлении и порядке представления в государственную комиссию Кыргызской Республики по запасам полезных ископаемых (ГКЗ КР) материалов ТЭО кондиций и подсчёта запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», «Правила охраны и использования недр при разработке месторождений полезных ископаемых» и ряд других нормативных актов[21].

С другой стороны, развитие горной и геологической отраслей в Кыргызской Республике, несмотря на наличие значительной недоизученной и весьма значительной части, подготовленной для эксплуатации минерально-сырьевой базы, имеет стагнационный малоразвитый характер объекта управления и регулирования отрасли. Изучение причин сдерживания инвестиционных положительных решений в горной отрасли Кыргызской Республики является основной целью работы. Задачами определены: оптимальность и практичность правовой системы горной отрасли и изучение некоторых элементов системы управления и регулирования горной и геологической отраслей.

**Система и источники горного права Кыргызской Республики.** Права собственности на недра и продукты недр определены Конституцией Кыргызской Республики (2020 г.), Законом Кыргызской Республики «О недрах», детализацией Гражданского Кодекса Кыргызской Республики, Законом Кыргызской Республики «Об инвестициях»; права пользования недрами – Законами Кыргызской Республики «О недрах», «О концессиях и концессионных предприятиях», «О соглашении о разделе продукции»[3,4,7,8,9,10,11].

Процедуры предоставления права пользования – лицензирование (постановления Правительства Кыргызской Республики)[12,14,16,17,22,24,25,26];

Геологические исследования и геолого-экономическая оценка (отраслевые инструкции, положения)[18];

Платежи за пользование недрами - Налоговый Кодекс Кыргызской Республики;

Регулирование и контроль за рациональным использованием недр - отраслевые нормы[19,20];

Техническая безопасность – положение, постановление Правительства Кыргызской Республики;

Охрана окружающей среды - Экологический кодекс Кыргызской Республики.

**1. Правовые принципы управления. Лицензионное и договорное право в системе права Кыргызской Республики.**

Горная отрасль обладает весьма специфичной особенностью - каждый отдельный объект (месторождение любых полезных ископаемых) имеет значительные отличия по качественным и количественным характеристикам запасов даже в пределах единых генетических и промышленных типов оруденения. В пределах одного объекта значительна вариативность геотехнического состояния массивов пород и руд, гидрогеологии, распределения содержаний полезных и вредных компонентов, мощности рудных тел и так далее, и тому подобное, включая физико-географические условия локализации объектов, а также уникальные свойства минерального и вещественного состава руд рудники весьма значительно отличаются по методам, системам и составу горных и технологических работ. Соответственно весьма значительны различия, до уникальности каждого объекта, по экономическим показателям.

В силу вышеизложенного горная отрасль в части отраслей рудных полезных ископаемых не поддаётся сколь-нибудь близкой унификации. В частности, известные месторождения золота в Кыргызской Республике, находящиеся в эксплуатации и подготовленные к освоению, разведываемые по показателям валовой рентабельности (отношение продажной цены созданного продукта к себестоимости) различаются от -0% до 5-6%- от 10 до 15% - 15-25% - свыше 30%. Примерное ранжирование количества золоторудных месторождений по приведённым интервалам рентабельности выглядит так: 50%-37%-10%-2,3%.

Валовая рентабельность золоторудных месторождений определяется системой налогов - 5% роялти и налог с дохода по приведённой ниже таблице 1.

Таблица 1 - Ставки налога с дохода золотодобывающих компаний, в % цены за унцию

Цена \$/oz	до 1300	с 1301 по 1400	с 1401 по 1500	с 1501 по 1600	с 1601 по 1700	с 1701 по 1800	с 1801 по 1900	с 1901 по 2000	с 2001 по 2100	с 2101 по 2200	с 2201 по 2300	с 2301 по 2400	с 2401 по 2500	с и выше
% от ВД	1	3	5	7	9	11	13	14	15	16	17	18	19	20

Таким образом, налог на разработку золоторудного месторождения в настоящее время колеблется в диапазоне 18-19% от валового дохода. Налоговым Кодексом Кыргызской Республики этот налог (и только на золото), в свою очередь, переводит оценку этого налога на себестоимость, производство. При геолого-экономической оценке запасов (подсчёт запасов) такая форма взимания налога переводит эти затраты в общую базовую часть себестоимости, таким образом до 20% снижая стоимость (ценность) ресурсов. Из указанной выше градации распределения месторождений по валовой рентабельности месторождения, отнесённые к 10% с потенциальной положительной рентабельностью в 15-20%, переходят в разряд нерентабельных к отработке.

Подобный подход обобщения различных по экономическим показателям месторождений золота в единую систему управления на основе лицензионного права в значительной мере сокращают количество рудников, вводимых в эксплуатацию на долгосрочный период.

Всего один пример показывает на противоречивость системы горного права Кыргызской Республики в смежных законодательных сферах.

Другой пример, договорное право, использованное на месторождении Кумтор, при котором указанная система налогового режима в период 2012 -2020 гг. - ставка налога с дохода по соглашению на период 2010-2020 гг. составляла 14% с валового дохода, фактически в период 2012-2019 гг. при цене золота 1400 \$/унция произошло превышение этого вида налога над усреднённым налоговым режимом золоторудной отрасли на 30% (5% роялти + 5% с ВД).

### 1.1 Описание, анализ прав собственности по законодательству Кыргызской Республики [5].

Правовой институт государственного регулирования недропользования определяется конституционной нормой - об исключительной собственности государства над недрами (ст.16) – «ресурсы находятся под контролем и особой охраной государства». На основе этой нормы Законом «О недрах» (2018 г.), статьёй 2 - «государство осуществляет политику в сфере недропользования на основе: не дискриминации граждан и юридических лиц по признаку гражданства, безопасность ведения работ и окружающей среды, управления минерально-сырьевой базой, охрана недр, регулирование на основе взаимовыгодного сотрудничества, открытости процедур и недопущения ограничений конкуренции и монополизации». Особые отношения на условиях соглашений и концессионных договоров устанавливаются соответствующими законами.

Законом Кыргызской Республики «О концессии» (1992г.) определяется (ст. 1): «Концессия представляет собой разрешение Правительства Республики Кыргызстан инвестору на осуществление определённого вида предпринимательской деятельности, связанной с предоставлением ему в аренду имущества, земли и её недр».

Гражданским кодексом Кыргызской Республики (ст. 222) определяется понятие и содержание права собственности: «Право собственности есть признаваемое и охраняемое законодательными актами право субъекта по своему усмотрению владеть, пользоваться и распоряжаться принадлежащим ему имуществом».

Платёжный и налоговый режим определён Налоговым кодексом (2008 г.) - роялти, бонус, корпоративный налог с дохода (для золота ставка от валового дохода, для остальных

рудных полезных ископаемых от прибыли), сборы за удержание лицензии; Законом «О недрах» определён платёж - социальный пакет инвестора в пользу местных сообществ (2% от ВД).

Правовой институт управления в сфере недропользования определяется как государственное регулирование недропользования. Разделов, норм, регулирующих право собственности в законодательстве Кыргызской Республики для недропользования нет. Фактическое распределение собственности осуществляется на основе лицензии для обладания средствами и продуктами производства, с выплатой долевой собственности, налогов и платежей. Таким образом, право собственности на недра является неотчуждаемым правом Государства. Часть делегированных прав на продукты недр должны регулироваться нормами гражданского законодательства. Равенство сторон в гражданско-правовых отношениях в силу регулирования нормами и подзаконными актами процедур исследований недр и разработки может определяться юридическим состоянием неравенства сторон без определения гражданско-правовой ответственности юридического владельца ресурсами. Государственные нормы регулирования характеризуются доминирующим административно-правовым методом регулирования[1,2,3,5,28].

Государство в соответствии с Законом «О концессии и инвестициях» может выступать и как сторона гражданско-правовых сделок в экономических товарно-денежных отношениях, при этом, статья определяет: «Государство уступает концессионеру правомочия владения и пользования объектами концессионного договора, оставляя за собой исключительное право распоряжения ими». Разрыв в триаде права собственности. Таким образом, собственность не подлежит делегированию, отчуждению и в правовых отношениях, связях, договорённостях подчиняется публичному правопорядку[28].

Ещё в большей мере это относится к лицензированию права недропользования, которым вопросы собственности не рассматриваются как публично-правовая сделка, ни тем более как частноправовая[2,3].

Концессионные отношения, соглашение о разделе продукции, определяемые законами Кыргызской Республики, практически не имеют распространения в стране. По первому из перечисленных работал только горный проект Кумтор, по второму - договора не заключались. Концессионное законодательство не определяет норму разделения, критерии определения, обоснования для долевой собственности на продукт недр, кроме прописи - концессионный платёж. По разделу продукции, определяется возможность получения долевого участия в виде продукции горного проекта после погашения затрат и налогов. И также не определены критерии, принципы и обоснования оценки запасов и экономики проекта, что не позволяет внедрять существующие законодательства в практику.

## **2. Некоторые концепции реализации предложенной парадигмы**

Исходя из предложенной реформы Указом Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021 г. №5 вытекают несколько фундаментальных вопросов. Долевая собственность на горный проект должна иметь обоснование, критерии и правовую основу для определения долевой собственности на основе экономико-метрических расчётов - оценки горного проекта. Для 100% собственности на горный проект государства, требуется решить вопрос об источниках и критериях привлечения первых инвестиций. Учитывая, что высокий уровень капитальных и эксплуатационных затрат на среднее, крупное месторождение исчисляется первыми сотнями млн. \$, не считая бюджетный источник, к которому не требуются определять обоснование договорных условий[27].

Очевидно, исходя из вопросов возникают новые правовые отношения при управлении горной отраслью, базирующейся на изучении и детализации объекта правоотношения - горного проекта на основе гармонизированной между методами, стандартами и кодами геолого-экономической оценки запасов (резервов) и ресурсов.

Для чего могут применяться обоснованные категории:

1. Ценностная оценка запасов, ресурсов месторождения. В обобщённом виде стоимостная оценка - это доход за исключением затрат, налогов и дисконтирования на

величину оценки рисков для капитала - оценка стоимости денег (но не ресурсов). Ставка в Кыргызской Республике обычно 10%.

**Стоимость** =  $\sum_i^n (\text{доход} - (\text{затраты} + \text{налоги} + \text{платежи})) * 1/(1+R)^n$ , где:  
n- период проекта, R – ставка дисконтирования.

**Ценность** =  $\sum_i^n [\text{Доход} - \text{затраты} - (\text{инвестиционный капитал} + \%)(1/(1+R)^n)] * \text{макроэкономический эффект}$ .

Экономический эффект определяется по макроэкономической отдаче: платёжный баланс, торговый баланс, рабочие места, валютные накопления, обменный курс и т.д.

Из доходов за исключением премии за инвестиции + инвестиционный капитал возникает объем горной ренты.

Инвестиционный капитал (привлечённый или договорная доля) + проценты на капитал (договорные) = прибыль инвестора.

Оценка ценности и доли на инвестиционный капитал и премия за капитал в договорном праве должны определяться прописанными и устойчивыми правилами оценки ценности и стоимости: границы раздела, процедуры и формы раздела, относимых на собственность на недра и\или часть собственности и\или продукт недропользования.

Регулирование исследований, оценки, подсчёта запасов, цен на продукт, затраты и т.д. по процедурам и инструментам определения должны быть закреплены Законом, кодификаций. Первый по процедурам собственности и договорного права пользования недрами - Кодекс о недрах в Кыргызской Республике; второй - процедуры, инструменты, методики и механизмы исследований, оценки, подсчёт запасов, технологии, разработки - должны быть кодифицированы в виде Закона, как экономическая категория охраны недр.

2. Договорное право, кроме лицензионного - концессионное, инвестиционное, соглашение о разделе продукции, операционное, является сферой управления недрами по объекту управления (месторождению) на основе расчётов ценности, стоимости проекта, горной ренты и относится к договорному уровню раздела дохода.

На основе перечисленных экономических, правовых категорий в правовую систему управления горной отраслью могут вводиться направления системы горного права-договорное право.

Нормы управления отраслью могут быть сформулированы следующим видом:

1. Документ должен иметь прямое действие без отсылочных норм.
2. Разделение отраслей полезных ископаемых: рудные и нерудные (кроме угля, возможно драгоценных камней) по признаку определения ценности полезного ископаемого и границы разделения дохода от ценности для Кыргызской Республики и владельца прав (инвестиционного капитала).
3. Определение границы раздела доходов от ценности полезного ископаемого для рудных месторождений и общие нормы для нерудных полезных ископаемых. Общие нормы примерно прописаны в Законе Кыргызской Республики «О недрах».
4. Граница раздела доходов. В силу уникальности по геологическим, горным и технологическим свойствам, соответственно экономики, каждого месторождения рудных полезных ископаемых, вероятно следует внедрить оценку и определение границы раздела дохода для каждого отдельного месторождения.

В этой связи проект норм управления отраслью для каждого отдельного рудного месторождения вводит нормы раздела: для Кыргызской Республики это определяется платежами, налогами, отчислениями, в том числе социальные пакеты или региональные фонды и т.д., долевой собственностью (доля в ООО и АО, ЗАО и\или публичной компании).

Следует отметить, таким образом для каждого отдельного рудного месторождения определяется система унифицированных платежей. В силу существующей и прогнозируемой ценности полезного ископаемого каждого отдельного месторождения, в том числе по стоимостной оценке, диапазон платежей для Кыргызской Республики (горная рента) может колебаться от минусовых значений (фактически снижение от действующего налогового режима) до значений 0%-80% от прибыли и макроэкономического эффекта. Для примера

последнего, по проекту Кумтор граница разделения по соглашению 1995 г. составляла до 73% в пользу Кыргызской Республики, по соглашению 2003 г. до 50% (включая стоимость пакета акций), по соглашению 2009 г. до 54% (при стоимости пакета акций на май 2021 г.) и до 65% при пиковой цене пакета акций Кыргызской Республики в 2012 г.

Подобный подход позволяет внедрять долевую собственность в горные проекты (которые могут быть от 0 до 50-60%), регулировать управление проектами со 100% долевой собственностью государства и т.д.

5. Метод геолого-экономической оценки должен быть внедрён от стадии поисков, разведки до эксплуатационного ТЭО или проекта (ТЭсправка, ТЭдоклад, ТЭО стадии предварительной, ТЭО стадии эксплуатации). Методы оценки: на первых этапах существующая стоимостная, параллельно должна внедряться ценностная оценка от Кыргызской Республики.

6. Метод ценностной оценки горных проектов в настоящее время не применяется в горном мире, поэтому должен быть разработан и внедрён проект Горного кодекса Кыргызской Республики. Сущность ценностной оценки:

- полезное ископаемое имеет ценность в природном происхождении;
- ценность полезного ископаемого определяется рынком (цена и потребность);
- ценность коррелируется в доминирующем значении от цены рынка на продукт;
- ценность определяется стоимостью капитала на производство продукта (добыча, переработка, горные и технологические особенности и т.д. - элемент горной ренты, изменяемый с ростом производительности и развития технологии производства и т.д.). Премии за капитал - изменяемая величина в зависимости от приведённых параметров. К примеру: Стоимость первоначального капитала по проекту Кумтор составляла 452 млн. долларов, к 2001г проект вышел на положительные денежные потоки. После этого оборачиваемость капитала (инвестиций) составляла 1-1,5 месяца - по периодам производства и продаж золота (10-12 продаж в год). Таким образом капитальные и эксплуатационные затраты восстанавливались из текущих продаж - себестоимости. Стоимость капитала составляла не более 1/10 от годовых затрат. По стоимостной же оценке приводятся показатели NPV IRR на горизонт планирования (5-10лет). Это ведёт к завышению оценки и стоимости капитала более 100 раз.

7. Фактически для каждого отдельного рудного месторождения на основе ценностной оценки вводятся автономные соглашения с оценкой стоимости капитала и раздела прибыли. Это влечёт за собой отказ от действующего налогового режима и неналоговых платежей по каждому такому объекту. Горным кодексом должны быть внедрены инструменты и процедуры оценки, определения границы раздела доходов, стоимость капитала и т.д. Инструменты и процедуры должны прописываться в виде универсальных формул, но данные в формулах формируются исходя из реальности оценок (геологические, горные, технологические и т.д.), в том числе по градации стоимости продукта и/или сырья.

8. Для нерудных полезных ископаемых и рудных полезных ископаемых (к примеру россыпи, мелкие объекты и т.д.) должен действовать прямой налоговый режим (примерно соответствующий действующему).

9. Для реализации описанных тезисов необходимы внедрение системы регулирования, но обладающие силой закона - нормы, инструменты, процедуры. К примеру, кодексы геолого-экономической оценки и подсчёта запасов. Сущность так называемых стандартов ГКЗ и западных кодексов (JORK, CIM, PIRK и т.д.) заключаются только в правилах предоставления информации для инвестора, ответственности за достоверность и надёжность информации. Сущность геолого-экономической оценки, вывода кондиций и подсчёта запасов абсолютно идентичны по методологиям и подходам. Индикаторы вероятностного значения оценки запасов и ресурсов формальными показателями. В этой связи, возможно принятие западных кодексов в прямом виде для ГКЗ Кыргызской Республики, с целью учёта и контроля. Различия

существуют в форме приёма материалов - экспертизы для ГКЗ Кыргызской Республики и подтверждение компетентного лица для семейство CRIRSCO.

Таким образом, для принятия кодексов указанного семейства достаточно изменить и реорганизовать принципы действия ГКЗ Кыргызской Республики, в первую очередь в сфере компетенции, в том числе предусмотреть возможность арбитражной экспертизы геолого-экономической оценки и подсчёта запасов.

10. При внедрении указанных выше инструментов необходимо определить юрисдикцию споров, для которых на условиях подписания автономного соглашения с утверждённой границей разделения дохода (прибыли) вполне может быть внедрён механизм международного арбитража, что является основной гарантией для инвестиционной стороны. В любом случае в Кыргызской Республике действует система судебных споров: суды, арбитраж по правилам ООН.

11. Основным регулирующим инструментом в недропользовании Кыргызской Республики являются принципы охраны недр, которые в настоящее время в законодательной сфере в доминирующем значении не прописаны. В основе норм охраны недр должен находиться один принцип - достоверность и надёжность материалов исследований, которые могут быть внедрены на основе: все что не запрещено - разрешено; самостоятельное определение и обоснование методик, объёмов и аналитических работ исполнителем. НО, правило: раздел Горного кодекса об охране недр должен ставить вопросы обязательные для исследований, уровень надёжности и достоверности исследований, начиная от общих поисковых работ до всех этапов эксплуатации - разработки месторождения.

**Заключение.** Система горного права в Кыргызской Республике разрознена в перекрёстных законодательных смежных актах:

- собственность – в Конституции, Законе «О недрах», Гражданском Кодексе;
- управление, лицензионное право - Закон «О недрах», Постановление о порядке лицензирования;
- договорное право - Концессия и соглашение о разделе продукции, два закона 1992 г. и 2003 г. Первый использовался до 2021 г., второй не использовался. Гражданский кодекс, Закон «Об инвестициях»;
- горная рента - Налоговый кодекс, неналоговые платежи - Закон «О неналоговых платежах», налога на труд - подоходный, социальные платежи (Соцфонд);
- долевая собственность: договор на основе Закона «Об инвестициях», Гражданский кодекс, Налоговый кодекс (в части определения прибыли);
- регулирование - инструкции по классификации запасов, по применению классификации запасов, правила охраны недр (разработка технического проекта), движение запасов (методические указания по оформлению), Закон «О правилах безопасности горного проекта» (2019г);
- ООС- Экологический кодекс, Кодекс о труде.

Создана перекрёстная, отсылочная система горного права.

Большая часть правовых норм управления, регулирования не обладают признаками детализации принципов, критериев, категорий, механизмов применения, обоснования, без чего не могут рассматриваться как применимые правовые нормы, т.к. обладают значительными возможностями много толкования при применении.

Без детализации критериев и принципов геолого-экономической, промышленной оценки запасов, гармонизации стандарта ГКЗ Кыргызской Республики и кодов западного инвестиционного типа нет возможности установить как границы, так и критерии для разделения собственности на недра и извлечённый продукт недр - категории ценность ресурса- стоимость ресурса; горная рента и премия за инвестиционный капитал.

Без оценки горной ренты и стоимостной оценки для инвестиционного капитала невозможно создать критерии, процедуры, инструменты договорного права.

Лицензионное право не обладает возможностями описания собственности, раздела собственности, регулирования объектом управления – месторождением, горным проектом.

### Список литературы

1. Аксененок, Г. А. Земельные правоотношения в СССР / Г.А.Аксененок. - М.: Госюриздат, 1958.
2. Городнянский, И.В. Экономические механизмы защиты недр от расхищения горными разработками / И.В. Городнянский // Rajmarium Academic Publishing. – Бишкек: 2018. 273с.
3. Горное право: учебник для вузов — 3 изд., переработанное и дополненное. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
4. Гражданский кодекс Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30212538](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30212538)
5. Collisions of subsoil ownership in a transitional economy by the example of modern Kyrgyzstan. - Evrasia Mining. – 2023. - №2. В печати.
6. Указ Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021 г. №5 «О вопросах реформирования горнодобывающей отрасли Кыргызской Республики» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/>
7. Закон Кыргызской Республики «О недрах» от 19 мая 2018 года № 49 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
8. Закон Кыргызской Республики «О концессиях и концессионных предприятиях в Кыргызской Республике» от 14 декабря 2019 года № 139 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
9. Закон Кыргызской Республики «О соглашениях о разделе продукции при недропользовании», от 10 апреля 2002 года №49 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
10. Мадыков, М. Правовой режим недропользования в Кыргызстане: вопросы и ответы / М.Мадыков, Ж.Тагаева // И-пс «Токтом»
11. Налоговый кодекс Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа:
12. Об утверждении Реестра участков недр общегосударственного значения. <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
13. О некоторых вопросах ведения операций с сырьевыми товарами, содержащими драгоценные металлы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
14. О вопросах предоставления земельных участков под недропользование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
15. Об утверждении Положения о рекультивации земель, нарушенных в процессе пользования недрами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
16. Об утверждении Положения об осуществлении индивидуальной старательской добычи россыпного золота на территории Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
17. О вопросах лицензирования права пользования недрами (В редакции постановления Правительства Кыргызской Республики от 15 сентября 2020 года № 486) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>
18. Об утверждении Положения о Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>



19. Правила охраны и использования недр при разработке месторождений полезных ископаемых Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

20. Положение о Департаменте геологии и недропользования при Министерстве природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

21. Положение о Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

22. Положение о Порядке и условиях проведения конкурса на право пользования недрами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

23. Положение о Порядке лицензирования недропользования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

24. Положение о Порядке предоставления земельных участков под недропользование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

25. Положение о Рекультивации земель, нарушенных в процессе пользования недрами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

26. Порядок предоставления прав пользования недрами по решению Кабинета Министров Кыргызской Республики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mnr.gov.kg/ru/documents/>

27. Указ Президента Кыргызской Республики от 29.01.2021 г. №5 «О вопросах реформирования горнодобывающей отрасли Кыргызской Республики» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/>

28. Храпанюк, В.Н. Теория государства и права / В.Н. Храпанюк. –М.: ИПП «Отечество», 1993.

**К.Т. Тажобаев<sup>1</sup>, Д.К. Тажобаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> КР УИА Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

<sup>2</sup> И. Раззаков атындагы КМТУ

<sup>3</sup> Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1</sup> Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

<sup>2</sup> КГТУ им. И. Раззакова

Бишкек, Кыргызская Республика

**K. T. Tazhibayev<sup>1</sup>, D.K. Tazhibayev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Geomechanics and Subsoil Development of NAS KR

<sup>2</sup> KSTU named after I. Razzakov

Bishkek, Kyrgyz Republic

e-mail: kushbak@yandex.ru, dantaji@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

### КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ИЛИМ ЖЕТИШКЕНДИКТЕРИН ӨНДҮРҮШТҮК ЖАНА ЭКОЛОГИЯЛЫК ПРОБЛЕМАЛАРДЫ ЧЕЧҮҮДӨ КОЛДОНУУ

#### APPLICATION OF SCIENTIFIC ADVANCES TO SOLVING PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE KYRGYZ REPUBLIC

*Макалада көзөмөлдөө маалыматтарынын негизинде «Кумтөр» кениндеги ири авариянын себеби ачылып, анын натыйжасында карьердин каптал бетинин тоо тектин жарылуу түрүндөгү массалык капыстан динамикалык урашына алып келгендиги аныкталды. Авторлордун илимий ачылышынын жана тоо тектердин аракеттеги жана калдык чыңалууларын аныктоонун иштелип чыккан ыкмасынын негизинде чыңалууларды, анын ичинде аныктоо кыйын болгон калдыктуу чыңалууну аныктоонун поляризациялык-акустикалык методу сунушталган. Поляризациялык-акустикалык методдун скважиналардын ортосундагы тоо массивиндеги аракеттеги чыңалууларды аныктоого ылайыкталганы жана тоо-тектердеги гана эмес, механизмдердин жана машиналардын, курулуш конструкцияларынын ар кандай металл бөлүктөрүндөгү чыңалууларды аныктоого да мүмкүндүк бере тургандыгы көрсөтүлгөн. Кычкылданган көмүрдөн ата мекендик экологиялык жактан таза, эффективдүү органо-минералдык жер семирткичтерди өндүрүү боюнча сунуштар негизделген. Бишкек шаарынын экологиялык абалын жакшыртуу үчүн, өзгөчө кыш мезгилинде, ТЭЦте жана шаардын от казандарында күйгүзүү үчүн экологиялык жактан таза суу-көмүр отунду (СКО) пайдалануу зарылчылыгы негизделди.*

**Түйүндүү сөздөр:** көзөмөлдөө, кыйроо, тоо тек жарылышы, поляризация, акустика, чыңалуу, деформация, тоо-тек, жер семирткич, көмүр-суу отун.

*В статье на основе мониторинговых данных выявлена причина крупной аварии на руднике Кумтор, в результате которой произошло массовое внезапное динамическое обрушение борта карьера в виде горного удара. На основе научного открытия авторов и разработанного способа определения действующих и остаточных напряжений в горных породах предложен поляризационно-акустический метод определения напряжений, в том числе трудно определяемых остаточных. Показано, что поляризационно-акустический метод в настоящее время адаптирован для определения действующих напряжений в массиве горных пород между скважинами и позволяет определить напряжения не только в горных породах, но и в различных металлических деталях механизмов и машин,*

*строительных конструкциях и дорожных сооружениях. Обоснованы рекомендации по производству отечественного экологически чистого, эффективного органико-минерального удобрения из окисленных углей. Для улучшения экологической ситуации в Бишкеке, особенно в зимнее время, обоснована необходимость применения экологически чистого водоугольного топлива (ВУТ) для сжигания на ТЭЦ и котельных города.*

**Ключевые слова:** мониторинг, обрушение, горный удар, поляризация, акустика, напряжение, деформация, горная порода, удобрение, водоугольное топливо.

*Based on monitoring data, the article reveals the cause of a major accident at the Kumtor mine, which resulted in a massive sudden dynamic collapse of the pit wall in the form of a rock burst. Based on the scientific discovery of the authors and the developed way for determining the effective and residual stresses of rocks, a polarization-acoustic method for determining stresses, including residual ones that are difficult to determine, is proposed. It is shown that the polarization-acoustic method is currently adapted to determine the acting stresses in the rock mass between wells, and allows you to determine the stresses not only in rocks, but also in various metal parts of mechanisms and machines, construction structures, road structures. The recommendations for the production of domestic environmentally friendly, effective organic - mineral fertilizer from oxidized coal are substantiated. To improve the environmental situation in Bishkek, especially in winter, the necessity of using environmentally friendly water-coal fuel (CWF) for combustion at the thermal power plant and boiler houses of the city is substantiated.*

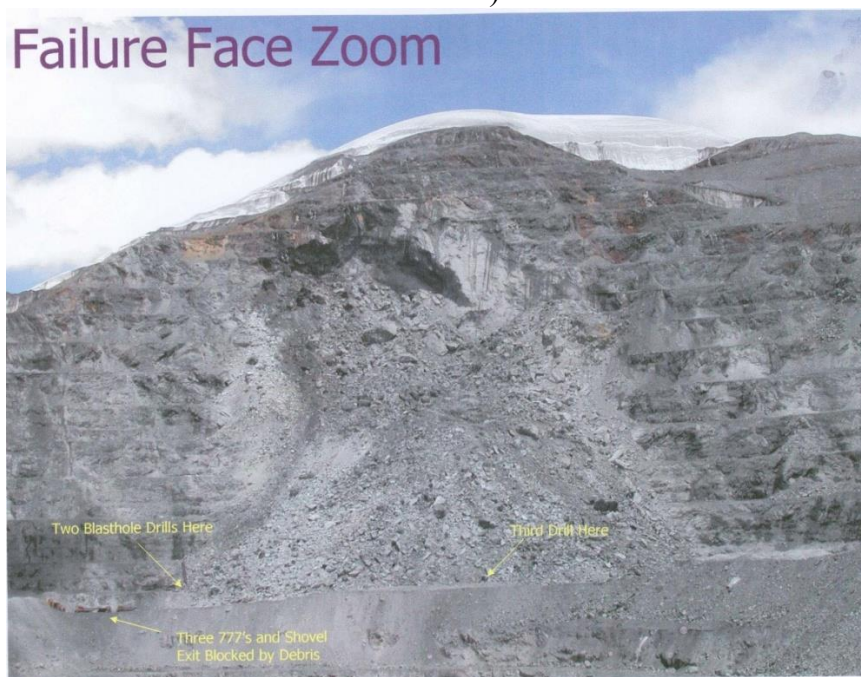
**Key words:** monitoring, collapse, rock burst, polarization, acoustics, stress, deformation, rock, fertilizer, coal-water fuel.

**Введение.** Состояние горной отрасли в Кыргызской Республике такое, что требуется его кардинальное реформирование на основе современных достижений науки. В первую очередь необходимо создать рациональную законодательную базу для развития отрасли, также необходимо в ближайшее время доработать и принять “Кодекс о недрах” Кыргызской Республики, ввести изменения в “Закон о недрах”, способствующие развитию горного производства и исключающие коррупционные схемы.

Известно, что горное производство не будет эффективным и безопасным без применения научных разработок и достижений. На одном примере покажем цену и необходимость применения новых научных достижений для безопасной и эффективной работы горного предприятия. В 2002 году на руднике Кумтор произошла крупная авария – массовое внезапное динамическое обрушение борта карьера. Объем обрушенных горных пород составил около 7 миллионов тонн (рис.1 а, б), 1 сотрудник рудника погиб, буровые и другая техника пришли в негодность, завал зачищали несколько месяцев. По расчетам Канадских коллег борт карьера считался устойчивым даже с большим запасом.



a)



б)

Рис. 1. а) вид очага верхней части обрушения борта карьера,  
б) общий вид внезапного массового обрушения борта карьера (8 июля 2002 год).

**Результаты исследований.** Результаты обработки мониторинговых данных рудника Кумтор по нашему методу выявили, что за 5 суток до аварии данные смещений (деформаций) борта карьера показали, что в скором времени произойдет динамическое разрушение горных пород в виде горного удара, то есть мониторинговая система работала безупречно, но сотрудники рудника из-за незнания физических процессов в горных породах и результатов новых научных достижений не поняли сущность показаний приборов. К тому же принятый на руднике критерий опасности - критическая скорость смещения была недостаточной и ошибочной. За 5 суток можно было не только прогнозировать, но и предотвратить предстоящее динамическое разрушение горных пород данного участка путем разгрузки напряжений. По данным зарубежных исследователей и нашего научного открытия [1] перед таким внезапным динамическим разрушением горных пород, называемым горный удар, происходит скачкообразное, знакопеременное изменение деформаций за счет проявления генетических остаточных напряжений горных пород.

Мониторинговая система рудника показывала именно скачкообразное и знакопеременное изменение деформации за 5 суток до события (рис. 2 и 3), но к сожалению вооруженные достаточным количеством оборудования и приборов сотрудники рудника Кумтор не поняли сущность процесса, не смогли предотвратить аварию из-за нехватки соответствующих знаний. Не подтверждение расчетов устойчивости борта карьера прежними канадскими “специалистами” связаны еще с тем обстоятельством, что до настоящего времени ни какая известная расчетная программа не предусматривает учет неоднородных по своей природе остаточных напряжений и даже учет анизотропности слоистых горных пород.

В том 2002 году из-за аварии и работ по зачистке завала вместо 20 тонн золота добыли всего 16 тонн. Можно отметить, что в данном случае цена пренебрежения только одного научного достижения составила 4 тонны чистого золота и жизнь одного перспективного горного инженера (Жакишев А.). При своевременном применении известных научных разработок, новых достижений геомехаников для решения инженерных задач и проведения профилактических мер предупреждения предстоящей катастрофы, можно было бы избежать указанной выше аварии на руднике.





Рис. 2. График деформации горных пород в восточном направлении (по табличным данным мониторинга, рудник Кумтор)

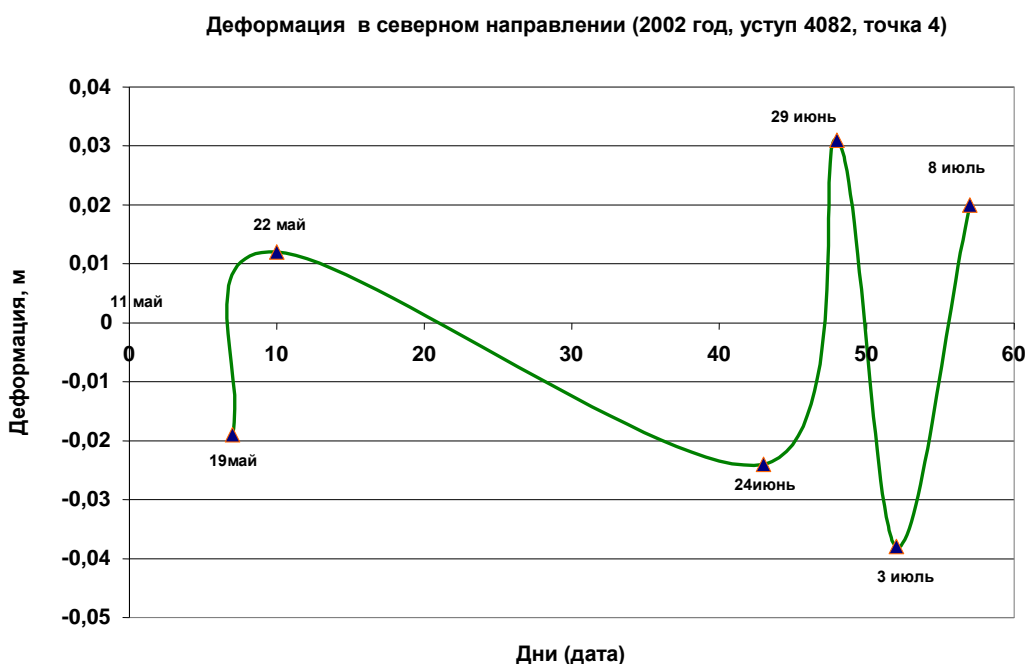


Рис. 3. График деформации горных пород в северном направлении

Данный случай должен быть уроком для дальнейшего безопасного ведения горных работ на руднике Кумтор. В дальнейшем необходимо более детально исследовать механические свойства, остаточные напряжения и структурные особенности горных пород месторождения.

Следует обратить внимание производителей и специалистов горного профиля на еще одно научное достижение Института геомеханики и освоения недр НАН КР. В 2013 году было признано наше научное открытие в области физики твердого тела [2]. Была открыта закономерность изменения относительной величины скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны от механического напряжения в твердых материалах (Закон Кушбакали).

На основе данного научного открытия нами был разработан способ определения действующих и остаточных напряжений в твердых материалах (Патент Кыргызской Республики № 1826) (рис. 4) [3]. На основе открытия и разработанного способа после выполнения серии экспериментальных проверочных работ был разработан поляризационно-акустический метод определения напряжений, в том числе трудно определяемых остаточных [4]. Данный метод был опубликован в США как геофизический метод определения напряжений [5]. Поляризационно-акустический метод в настоящее время адаптирован для определения действующих напряжений в массиве горных пород между скважинами. Разработанный метод позволяет определить напряжения не только в горных породах, но и в различных металлических деталях механизмов и машин, строительных конструкциях, дорожных сооружениях.

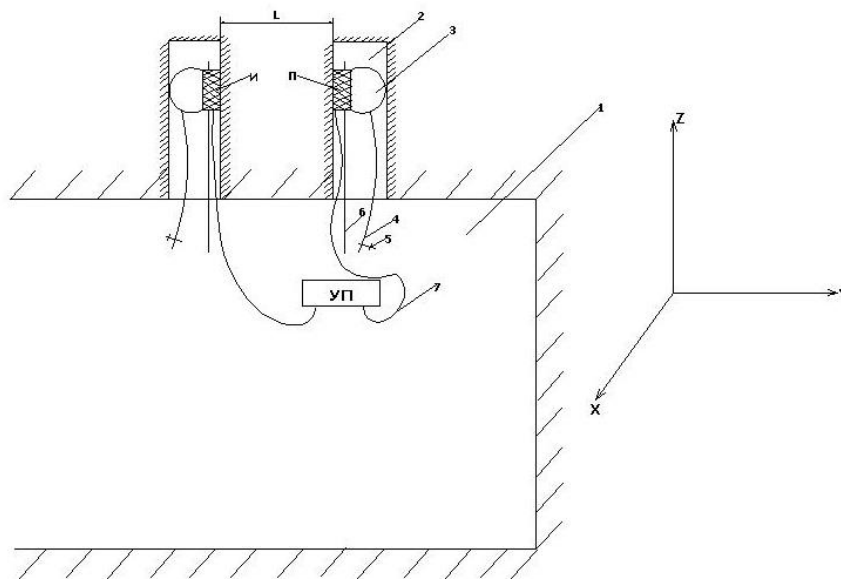


Рис. 4. Схема измерения действующих напряжений в массиве горных пород. 1- горизонтальная горная выработка; 2- щель; 3- воздушная подушка; 4- шланг; 5- вентиль; 6- досылник; 7- электропровод; И - излучатель поляризованной сдвиговой волны; П – приемник поляризованной сдвиговой волны; УП – ультразвуковой прибор; L – база измерения.

Основу поляризационно - акустического метода определения остаточных и действующих напряжений ( $\sigma$ ) в твердых материалах, в том числе горных породах составляет следующий выявленный нами закон [2]:

$$\sigma_X = \left( \frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right) K_Z ; \quad \sigma_Y = \left( \frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right) K_X ;$$

$$\sigma_Z = \left( \frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right) K_Y \quad (1),$$

где  $V_{SX}$ ,  $V_{SY}$ ,  $V_{SZ}$  – скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны по X, Y, Z соответственно при наличии напряжения;

$V_{SOX}$ ,  $V_{SOY}$ ,  $V_{SOZ}$  - скорости поперечной поляризованной волны по X, Y, Z при отсутствии напряжения (не нагруженное состояние, без остаточных напряжений);

$K$  – волновой модуль напряжения материала (название модуля наше), имеющий размерность напряжения.

Для определения волнового модуля напряжения  $K$  введено обозначение

$$\omega_Z = \left( \frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right); \quad \omega_X = \left( \frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right); \quad \omega_Y = \left( \frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right), \text{ тогда из}$$

формулы 1:  $\sigma_X = \omega_Z K_Z$ ;  $\sigma_Y = \omega_X K_X$ ;  $\sigma_Z = \omega_Y K_Y$  (2), отсюда

$$K_X = \frac{\sigma_Y}{\omega_X}; \quad K_Y = \frac{\sigma_Z}{\omega_Y}; \quad K_Z = \frac{\sigma_X}{\omega_Z} \quad (3).$$

Для изотропных материалов  $K_X = K_Y = K_Z = K$ . Для анизотропных (слоистых, кристаллических анизотропных) материалов значение волнового модуля напряжения  $K$  определяется по соответствующим направлениям.

Значение  $K$  определяется в лабораторных условиях из опытов прозвучивания при нагружении и разгрузке образцов. Проводится по 5-10 определений значений  $K$  при нагружении и разгрузке образца представительного объема исследуемого материала. Значение  $K$  как характеристика материала определяется как среднее из 10-20 единичных значений, полученных при прозвучивания в процессе нагружении и разгрузке образца горной породы или технического твердого материала. Следует отметить, что величину  $K$  необходимо определять для характерного, то есть представительного объема, так как данный модуль зависит от структуры и вещественного состава материала. В связи с этим для определения величины  $K$  предложены следующие размеры призматического образца горной породы (материала) 7x7x14 см.

Метод прошел лабораторные испытания и в перспективе совместно с Институтом машиноведения и автоматики мы можем для экспорта создать 2 разновидности комплекса для измерения напряжений: 1 -й комплекс для измерения напряжений в горных породах; 2 -й комплекс для измерения напряжений в металлических деталях и конструкциях. При этом необходимо изготовить буровой станок колонкового бурения, а ультразвуковые приборы можно приобретать серийные, адаптировать методы и приспособления для определения остаточных и действующих напряжений, имеющих место в твердых материалах, в том числе горных породах. Поскольку существующие методы определения механических напряжений трудоемкие, менее точные и мало информативные, наши методы и оборудования будут востребованы.

В любой отрасли применение достижений науки обеспечивает эффективность производства. Как известно, в республике пахотные земли ограничены и большинство площадей этих земель требуют улучшения качества почвы, традиционные удобрения, которых мы покупаем, приводят к снижению качества и нарушению экологической чистоты плодов сельскохозяйственных культур. Нами обоснованы рекомендации по производству отечественного экологически чистого, эффективного органо-минерального удобрения из окисленных углей. Урожайность культур можно повысить в 2 раза.

Составлен бизнес проект, согласно которому при строительстве мини завода с годовой производительностью 3000 тонн по выпуску органо-минерального удобрения, общий годовой расход включая капитальные затраты составляет 5,235 миллионов сомов. Годовая прибыль с учетом капитальных затрат составляет 7,413 – 5,235 = 2,178 млн. сомов. Высокая рентабельность производства обеспечивается за счет рекомендуемой специальной наукоемкой технологии. Срок окупаемости основного оборудования в течение года. Такой завод можно масштабировать и увеличить его мощность на базах окисленных углей Кара-Кече и угольного разреза Абшыр.

По части улучшения экологической ситуации в Бишкеке особенно в зимнее время нами была обоснована необходимость применения экологически чистого водоугольного топлива (ВУТ) для сжигания на ТЭЦ и котельных города [6].

Основные преимущества при использовании ВУТ следующие:

**Экологические:**

- экологически безопасен на всех стадиях производства, транспортирования и использования;
- позволяет в 2-3,5 раза снизить вредные выбросы в атмосферу (пыли, летучей золы, оксидов азота, двуокиси серы);
- позволяет эффективно использовать образующуюся при сжигании летучую золу.

**Технологические:**

- при переводе теплогенерирующих установок на сжигание ВУТ не требуются существенные изменения конструкции котлов (агрегатов);
- позволяет легко механизировать и автоматизировать процессы приема, подачи и сжигания топлива;
- разработанная новая технология вихревого сжигания при температуре 950-1050<sup>0</sup> С позволяет достичь эффективности использования топлива свыше 97%;

**Экономические:**

- заменяет мазут и снижает стоимость 1 тонны условного топлива (ТУТ) в 2-3 и более раз;
- до 30% снижаются эксплуатационные затраты при хранении, транспортировании и сжигании;
- обеспечивает снижение в 3 раза капитальных затрат при переводе ТЭЦ со сжигания природного газа и мазута на водоугольное топливо;
- окупаемость затрат при внедрении ВУТ составляет 1-2,5 года.

**Выводы.** Установлено, что основной причиной крупной аварии на руднике Кумтор в 2002 году явились проявления генетических остаточных напряжений в горных породах, в результате чего произошло массовое внезапное динамическое обрушение борта карьера в виде глубинного горного удара. На основе научного открытия авторов и разработанного способа определения действующих и остаточных напряжений в горных породах предложен поляризационно-акустический метод определения напряжений, в том числе трудно определяемых остаточных. Показано, что поляризационно-акустический метод в настоящее время адаптирован для определения действующих напряжений в массиве горных пород между скважинами. Данный метод позволяет определить напряжения не только в горных породах, но и в различных металлических деталях механизмов и машин, строительных конструкциях и дорожных сооружениях. Обоснованы рекомендации по производству отечественного экологически чистого, эффективного органо-минерального удобрения из окисленных углей. Для улучшения экологической ситуации в Бишкеке, особенно в зимнее время, обоснована необходимость применения экологически чистого водоугольного топлива (ВУТ) для сжигания на ТЭЦ и котельных города.

### Список литературы

1. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах: Диплом на научное открытие (Диплом № 90, № А-109 от 29.04.1998 г., выданный Международной Ассоциацией авторов научных открытий и Российской Академией естественных наук. г. Москва) // Потоцкий, В.В. Регистрация научных открытий (методология и практика) / В.В. Потоцкий. – Москва: МААНОИ, 2004. - 356 с.
2. Тажибаев, К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали) (Диплом на научное открытие № 453 от 03.10.2013 г., выданный Международной академией авторов научных открытий и изобретений, Российской академией естественных наук. г. Москва) // Научные открытия – 2013: Сборник кратких описаний. – Москва: РАЕН, 2014. – С 48-50.



3. Патент КР № 1245. Способ определения остаточных напряжений в твердых материалах: опубл. 26.02. 2010 / К.Т. Тажибаев, М.С. Акматалиева, Д.К. Тажибаев; патентообладатель Тажибаев К.Т. – 6 с.

4. Тажибаев, К.Т. Поляризационно-акустический метод определения остаточных и действующих напряжений горных пород / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). –2015. – № 11. – С.153-160.

5. Tazhibaev, K. T. Geophysical method of defining residual and active rock stresses / К.Т. Tazhibaev, D. K. Tazhibaev // Oil and Gas Exploration. Methods and Application. Special Publications 72, American Geophysical Union and Wiley. Washington. – 2017. – P. 201-208.

6. Тажибаев, К.Т. Перспективы применения водоугольного топлива в энергетике Кыргызстана / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, К. О. Дуйшеев // Журнал “Уголь”. – 2020. – №1. – С. 55-57.

**Д.К. Тажобаев<sup>1</sup>, А.Б. Салиев<sup>2</sup>, К.Т. Тажобаев<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> И. Раззаков атындагы КМТУ

4 КР УИА Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1,2</sup> КГТУ им. И. Раззакова

5 Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Бишкек, Кыргызская Республика

**D.K. Tazhibayev<sup>1</sup>, A.B. Saliev<sup>2</sup>, K.T. Tazhibayev<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> KSTU named after I. Razzakov

6 Institute of Geomechanics and Subsoil Development of NAS KR

Bishkek, Kyrgyz Republic

e-mail: dantaji@mail.ru

## РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ И УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА САРЫ-ТОР КУМТОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### КУМТОР КЕНИНИН САРЫ-ТОР КАРЬЕРИНИН КАПТАЛ БЕТИНИН ЧЫҢАЛУУСУН ЖАНА ТУРУКТУУЛУГУН ЭСЕПТӨӨ

### CALCULATION OF STRESS AND STABILITY OF SARY-TOR OPEN PIT WALL OF THE KUMTOR DEPOSIT

*Тоо тектердин механикалык касиеттерин эске алуу менен Кумтөр кенинин Сары-Төр карьеринин каптал бетинин чыңалуу-деформациялык абалын жана туруктуулугун эсептөөлөрдүн натыйжалары берилген. «Чыңалуу ыкмасын» колдонуу жана PHASE 2 программасын колдонуу менен Хоек-Браун бекемдик критерийинин негизинде жүргүзүлгөн эсептөөлөрдү, анизотропияны эске алуу менен Сары-Төр карьеринин капталындагы чыңалуу компоненттери жана туруктуулук коэффициенти аныкталган. Карьердин каптал бурчунун 2,2 градуска өзгөрүшү (көбөйүшү) туруктуулук коэффициентинин анча чоң эмес (0,6 - 2,5%) өзгөрүшүнө, ал эми тоо-тектеринин катмарлануу бурчунун (вертикалдык гравитациялык чыңалуу багытына карата) 0 дөн 90 градуска чейинки чегинде өзгөрүшүнөн туруктуулук факторунун олуттуу өзгөрүшү аныкталды.*

**Түйүндүү сөздөр:** тоо-тек, бекемдик, деформация, чыңалуу, туруктуулук, массив, карьер капталы, катмарлануу, анизотропия, ийкемдүүлүк, жарака.

*Приведены результаты расчетов напряженно-деформированного состояния и устойчивости борта карьера Сары-Тор Кумторского месторождения с учетом анализа механических свойств горных пород. «Методом напряжений» и расчетами, выполненными на основе критерия прочности Хоека-Брауна посредством программы PHASE 2 определены компоненты напряжений и коэффициент запаса устойчивости борта карьера Сары-Тор с учетом анизотропии прочностных характеристик горных пород. Установлено, что изменение (выкручивание) угла борта карьера на 2,2 градуса приводит к незначительным (0,6 – 2,5 %) изменениям коэффициента запаса устойчивости, тогда как от изменения угла слоистости пород (по отношению направления вертикального гравитационного напряжения) в пределах от 0 до 90 градусов коэффициент запаса устойчивости изменяется существенно.*

**Ключевые слова:** горная порода, прочность, деформация, напряжение, устойчивость, массив, борт карьера, слоистость, анизотропность, упругость, разлом.

*The results of calculations of the stress-strain state and stability of Sary-Tor open pit wall of the Kumtor deposit taking into account the analysis of the mechanical properties of rocks are presented. The stress components and the stability factor of Sary-Tor open pit wall by using the "stress method" and calculations performed on the basis of the Hoek-Brown strength criterion [by the instrumentality of PHASE 2 program](#), taking into account the anisotropy of the strength characteristics of rocks are determined. It has been established that a change (twisting) of the angle of the pit wall by 2.2 degrees leads to small (0.6 - 2.5%) changes of the stability factor, while in case of change of the angle of rocks [layering](#) (towards to the direction of vertical gravitational stress) within from 0 to 90 degrees the stability factor changes significantly.*

**Key words:** rock, strength, deformation, stress, stability, massif, open pit wall, layering, anisotropy, elasticity, fracture.

**Введение.** Для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород, в котором предусматривается проведение открытых горных работ и расчета устойчивости бортов карьера, необходимо проводить исследования физико-механических свойств горных пород, отобранных из участков массива, где будут формироваться уступы или непосредственно из участков борта карьера. Для расчетов НДС и устойчивости массива бортов карьера необходимо в лабораторных условиях определить такие физико-механические свойства как плотность, предел прочности на сжатие и растяжение, коэффициент Пуассона, модуль упругости, сцепление и угол внутреннего трения.

Расчеты НДС и устойчивости прибортового массива горных пород связаны прежде всего с безопасностью ведения горных работ, обоснованием приемлемого угла откоса борта карьера и прогнозом нежелательных динамических проявлений горного давления. Поэтому для правильной оценки состояния массива горных пород необходимо учитывать все факторы, влияющие на устойчивость прибортового массива, и выбрать наиболее корректные критерии прочности горных пород и инженерные методы расчета устойчивости откосов.

**Методика и результаты исследований.** При расчетах напряженно-деформированного состояния и устойчивости обнажений горных выработок в настоящее время широкое распространение получил метод снижения прочности в сочетании с критерием Хоека-Брауна, основанного на снижении прочности нетронутого массива горных пород в зависимости от наличия в нем структурных нарушений. Расчеты компонент напряжений, смещений и величин коэффициента запаса устойчивости борта карьера производились с использованием вышеуказанного метода с помощью программы PHASE 2.

В соответствии с программой PHASE 2 в расчетную модель исходя из физико-механических свойств и структуры хрупких горных пород прибортового массива карьера Сары-Тор вводились следующие константы и параметры:  $m_i=30$ ;  $GSI=70$ ;  $D=0,5$ ;  $m_i=7,2$ ;  $S=0,0018$ ;  $a=0,5014$ ; где  $m_b$  – константа Хоека-Брауна для породного массива;  $s$  и  $a$  постоянные величины, учитывающие генезис и состояние (качество) породного массива;  $\sigma_{ci}$  – предел прочности на одноосное сжатие массива пород в интактном (не тронутом) состоянии;  $m_i$  - константа, учитывающая только генезис и текстуру горных пород;  $GSI$  (*Geological Strength Index*) – коэффициент геологической прочности, учитывающий геологические особенности породного массива, в частности его структуру и наличие трещин;  $D$  – параметр, зависящий от степени нарушенности массива вследствие взрывных работ и эффекта релаксации напряжений [1,2].

По результатам испытаний образцов (основных) слоистых горных пород характерных для участка Сары-Тор (трансверсально-изотропная среда) для углистых филлитов прочность при одноосном сжатии составила: 614,68; 574,15; 1779,84; 1334,89; 596,85; 577,25 кГс/см<sup>2</sup>, а среднее значение - 922,94 кГс/см<sup>2</sup> или 90,54 МПа. Модуль упругости (Юнга) и коэффициент Пуассона углистых филлитов с известняком (скважина SR-12-205) по направлению перпендикулярно (поперек) слоистости составил 30800 МПа и 0,247 соответственно, а вдоль слоистости - 54900 МПа и 0,21, модуль сдвига поперек

слоистости - 12400 МПа, вдоль слоистости - 22700 МПа, среднее значение модуля сдвига - 17550 МПа. Объемный вес углистых филлитов в среднем - 2640 кгс/м<sup>3</sup> или 25,9 кН/м<sup>3</sup>.

Структурные характеристики массива горных пород существенно влияют на устойчивость горной выработки. На участке Сары-Тор имеются разломы, как правило, приуроченные к рудным телам, в частности в нашем случае такие рудные горные породы представлены метасоматитами и для них характерна сильная нарушенность сплошности. Анализ данных свойств горных пород свидетельствует о высоком разбросе характеристик механических свойств метасоматитов участка Сары-Тор, что обусловлено высокой степенью их структурной нарушенности, и поэтому для зон разломов принимаем характерные для участка деформационные свойства метасоматитов: модуль упругости (Юнга) -  $1,84 \cdot 10^4$  МПа, коэффициент Пуассона - 0,24 и модуль сдвига -  $0,74 \cdot 10^4$  МПа. Из результатов исследований свойств горных пород участка Сары-Тор месторождения Кумтор прочность метасоматитов при статическом сжатии составила: 1046,27; 1453,04; 1453,19; 1114,04 кг/см<sup>2</sup>, среднее значение - 1266,64 кг/см<sup>2</sup> или 124,26 МПа. С учетом значения коэффициента структурного ослабления равным 0,5 прочность при статическом одноосном сжатии принимаем - 62,13 МПа. В соответствии с результатами экспериментальных исследований объемный вес метасоматитов - 2800 кгс/м<sup>3</sup> или 27,47 кН/м<sup>3</sup>. Для филлитов углеродистых участка Сары-Тор прочность при одноосном сжатии составила: 796,82; 701,67; 964,55; 413,78; 691,98 кг/см<sup>2</sup>, а среднее значение - 735,36 кг/см<sup>2</sup> или 72,14 МПа. Модуль упругости (Юнга) и коэффициент Пуассона филлитов углеродистых по направлению перпендикулярно (поперек) слоистости составил 15000 МПа и 0,26 соответственно, а вдоль слоистости - 36100 МПа и 0,24, модуль сдвига поперек слоистости - 6100 МПа, вдоль слоистости - 14600 МПа, среднее значение - 10400 МПа. Объемный вес филлитов углеродистых - 2840 кгс/м<sup>3</sup> или 27,86 кН/м<sup>3</sup>.

Для тиллитов с конгломератами участка Сары-Тор прочность при одноосном сжатии составила: 641,37; 977,29; 537,8; 290,9; 381,7 кгс/см<sup>2</sup>, а среднее значение - 565,81 кгс/см<sup>2</sup> или 55,5 МПа. Модуль упругости (Юнга) и коэффициент Пуассона тиллитов с конгломератами по направлению перпендикулярно (поперек) слоистости - 21100 МПа и 0,26 соответственно, а вдоль слоистости - 54400 МПа и 0,19, модуль сдвига поперек слоистости - 8400 МПа, вдоль слоистости - 22900 МПа, среднее значение - 15600 МПа. Объемный вес тиллитов с конгломератами - 2830 кгс/м<sup>3</sup> или 27,76 кН/м<sup>3</sup>.

В целях оптимизации вскрышных горных работ, экономии средств и в соответствии с техническими условиями угол борта карьера рекомендуем делать более крутым, увеличивая проектный угол на 4 градуса, и в расчетах введем 42 градуса вместо проектного угла 38. Для оптимизации технологии вскрышных и добычных работ нами рекомендуется увеличить высоту уступа и принять высоту сдвоенных уступов 20 м (высоту уступа принимаем 10 м взамен проектного 8 м).

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния и коэффициента запаса устойчивости по разрезу 6-6 представлены на рисунках 1 – 4. Разрез 6-6 наиболее представительный, глубина карьера достигает 460 м, включает основные разновидности слоистых вскрышных и рудоносных горных пород и систему тектонических разломов. При этом, для удобства сравнения, попарно рядом приведены результаты расчетов напряженно-деформированного состояния и коэффициента запаса устойчивости для случаев генерального угла откоса 42 градуса (высота сдвоенного уступа 20 м) и 38 градуса (высота сдвоенного уступа 16 м).

Из рисунков 1-4 видно, что существенных изменений нормальных напряжений от изменения генерального угла наклона борта на 4 градуса (от 38 на 42 градуса) и высоты уступа (10 м взамен 8 м) не наблюдается. Картины распределения горизонтальных и вертикальных смещений для указанных двух случаев практически подобны и от изменения угла наклона борта карьера на 4 градуса существенно не изменяются. Следует отметить, что, как это наглядно видно из рисунков 3 и 4, существенное влияние на устойчивость оказывают тектонические разломы.

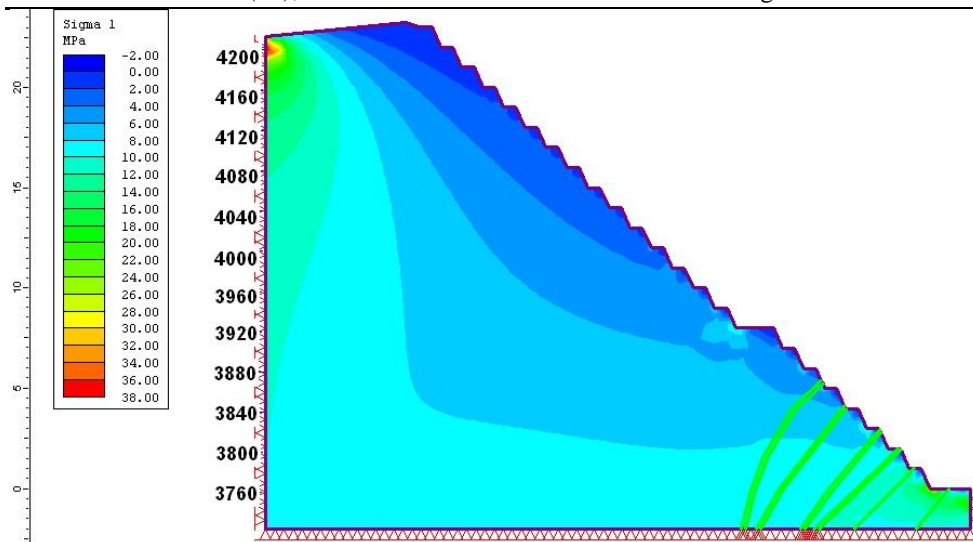


Рис. 1. Распределение нормального напряжения  $\sigma_1$  (разрез 6-6 , генеральный угол откоса 42 градуса, высота сдвоенного уступа 20 м)

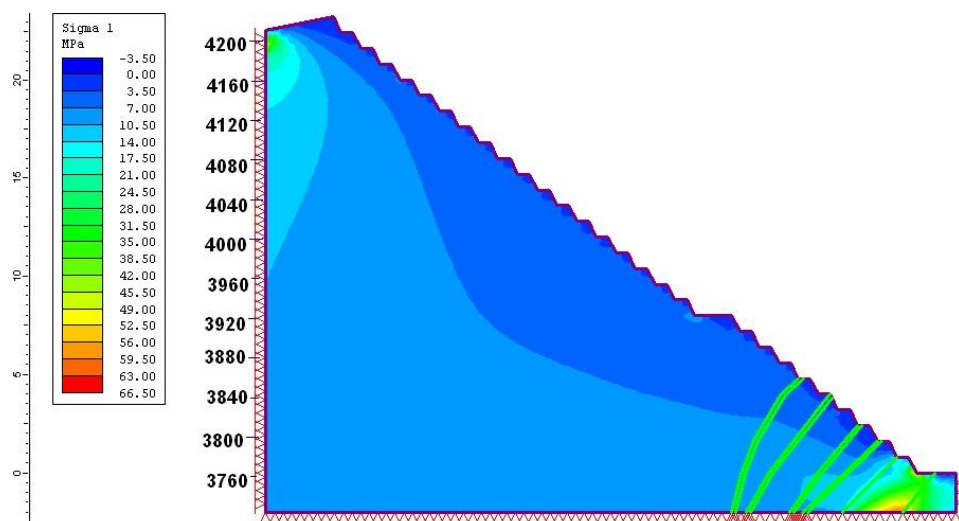


Рис. 2. Распределение нормального напряжения  $\sigma_1$  (разрез 6-6 , генеральный угол откоса 37-38 градуса, высота сдвоенного уступа 16 м)

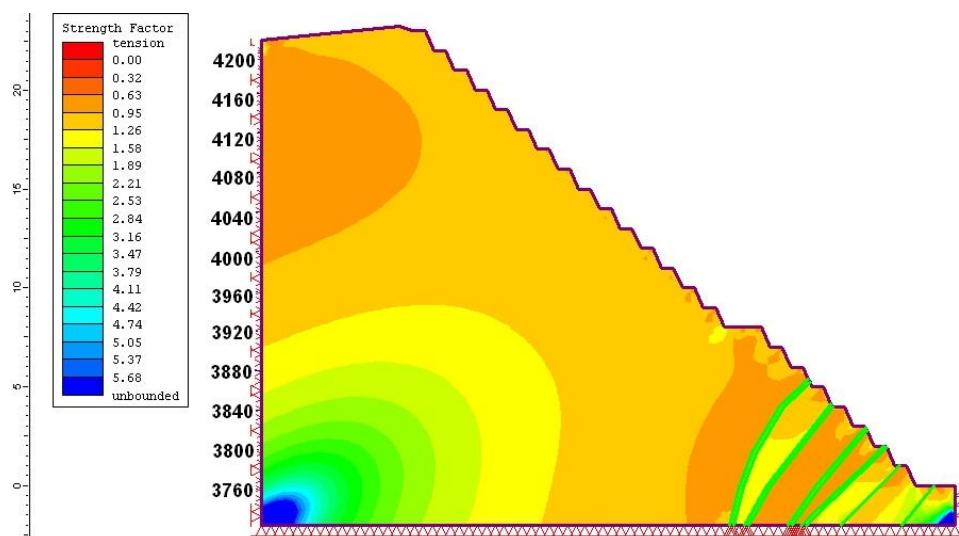


Рис. 3. Распределение коэффициента запаса прочности (разрез 6-6 , генеральный угол откоса 42 градуса, высота сдвоенного уступа 20 м, глубина карьера 460 м)

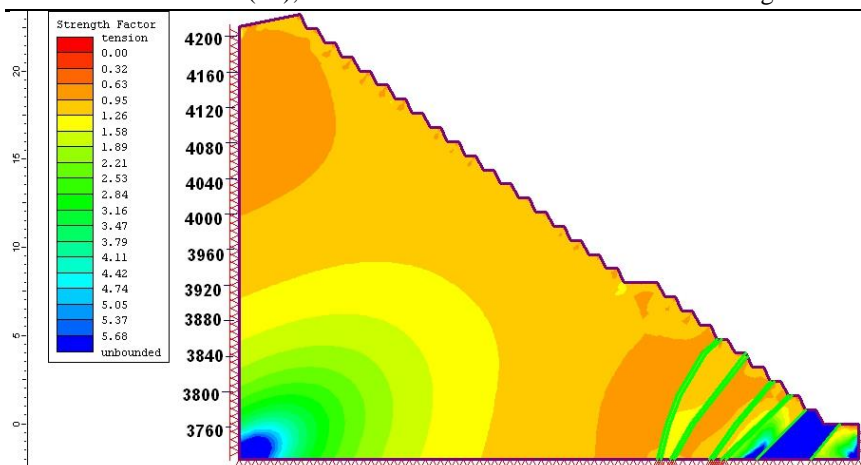


Рис. 4. Распределение коэффициента запаса прочности (разрез 6-6, генеральный угол откоса 37-38 градуса, высота сдвоенного уступа 16 м, глубина карьера 460 м)

При увеличении глубины карьера до 460 м (разрез 6-6) значительно увеличиваются компоненты действующих напряжений по сравнению с данными для глубины 360 м и соответственно величины горизонтальных и вертикальных смещений. Значения нормальных вертикальных и горизонтальных напряжений рассчитанных с учетом влияния склона и направления (угла) слоистости горных пород и угла борта карьера  $\alpha_1 = 42$  градуса для глубины 300 м и расстояния от поверхности борта карьера 100 м составляет соответственно 10,3 МПа и 4,65 МПа («метод напряжений») [3]. Значения максимального  $\sigma_1$  и минимального  $\sigma_3$  нормального напряжения, рассчитанных, с учетом слоистости горных пород, угла борта карьера  $\alpha_1 = 42$  градуса, на основе критерия прочности Хюека-Брауна, в соответствии с программой PHASE 2, для глубины 300 м составляет соответственно 10 МПа и 4,2 МПа, то есть данные результаты хорошо согласуются с данными «метода напряжений» и свидетельствуют о правомерности этих двух разных подходов.

Из рисунка 3 видно, что при достижении глубины карьера 460 м, генеральном угле откоса 42 градуса (высота сдвоенного уступа 20 м, разрез 6-6) появляются зоны с предельными значениями коэффициента запаса устойчивости и преобладают зоны со значениями запаса устойчивости 1,26-1,58. Как видно из рисунка 4, при достижении глубины карьера 460 м, генеральном угле откоса 38 градуса (высота сдвоенного уступа 16 м, разрез 6-6) так же появляются зоны с предельными значениями коэффициента запаса устойчивости и картина распределения значений запаса устойчивости практически не отличается от картины распределения значений запаса устойчивости для случая генерального угла откоса 42 градуса. В соответствии с этими результатами при достижении глубины карьера 460 м рекомендуем устанавливать мониторинговые репера на горизонте 4120 в верхней части карьера, на горизонтах 3880, 3840 (зона влияния разломов) и проводить регулярные наблюдения абсолютной величины вертикального и горизонтального смещения.

В соответствии с картиной распределения максимального сдвигового смещения, из-за разломов и их ориентации, сдвиговые смещения возрастают в направлении от поверхности к глубине массива пород. Это благоприятствует сохранению устойчивости борта карьера, однако при достижении глубины 460 м, как указано выше, необходим более детальный контроль абсолютной величины смещений вблизи тектонических разломов.

Следует отметить, что значения коэффициентов запаса устойчивости борта карьера установленные для глубины 460 м «методом напряжений» с учетом влияния слоистости и угла откоса на напряженное состояние и с учетом анизотропности прочностных характеристик слоистых горных пород (при угле борта карьера  $42^0$ ), и значения коэффициентов запаса устойчивости борта карьера установленные на основе критерия прочности Хюека-Брауна, в соответствии с программой PHASE 2, учитывающий анизотропность прочностных характеристик слоистых горных пород (при угле борта карьера  $42^0$  и глубины 460 м) близко соответствуют друг другу.



«Методом напряжений» установлено, что значения нормальных вертикальных и горизонтальных напряжений рассчитанных с учетом влияния склона и направления (угла) слоистости горных пород и угла борта карьера  $\alpha_1 = 42$  градуса для глубины 300 м и расстояния от поверхности борта карьера 100 м составляет соответственно 10,3 МПа и 4,65 МПа, а значения максимального  $\sigma_1$  и минимального  $\sigma_3$  нормального напряжения, рассчитанных, с учетом слоистости горных пород, для угла борта карьера  $\alpha_1 = 42$  градуса, на основе критерия прочности Хоека-Брауна, в соответствии с расчетами по программе PHASE 2, для глубины 300 м составляет соответственно 10 МПа и 4,2 МПа, то есть данные результаты хорошо согласуются с данными «метода напряжений» и свидетельствуют о правомерности этих двух разных подходов [3].

### **Выводы**

1. Расчеты для условий месторождения Кумтор и участка Сары-Тор по «методу напряжений» и сравнение значений коэффициентов запаса устойчивости для угла борта карьера 42 и 39,2 градуса показали, что изменение (выкручивание) угла борта карьера на 2,2 градуса приводит к незначительным (0,6–2,5 %) изменениям коэффициента запаса устойчивости, тогда как от изменения угла слоистости пород (по отношению направления вертикального гравитационного напряжения) в пределах от 0 до 90 градусов коэффициент запаса прочности изменяется в 2 раза.

2. Расчеты напряжений в пределах бортов рабочей зоны №2 карьера Сары-Тор, выполненные на основе критерия прочности Хоека-Брауна и в соответствии с расчетами по программе PHASE 2 показали, что существенных изменений нормальных напряжений от изменения генерального угла наклона борта на 4 градуса (от 38 на 42 градуса) и высоты уступа (10 м взамен 8 м) не наблюдается, картины распределения горизонтальных и вертикальных смещений для указанных двух случаев практически подобны и от изменения угла наклона борта карьера на 4 градуса существенно не изменяются, существенное влияние на величины смещения оказывают тектонические разломы.

3. Расчетами, выполненными на основе критерия прочности Хоека-Брауна, и в соответствии с программой PHASE 2 установлено, что при увеличении глубины карьера до 460 м (разрез б-б) значительно увеличиваются компоненты действующих напряжений по сравнению с данными для глубины 360 м и соответственно существенно увеличиваются величины горизонтальных и вертикальных смещений, при достижении глубины карьера 460 м, генеральном угле откоса 42 градуса (высота сдвоенного уступа 20 м, разрез б-б) появляются зоны с предельными значениями коэффициента запаса устойчивости и преобладают зоны со значениями запаса устойчивости 1,26-1,58, при генеральном угле откоса 38 градуса (высота сдвоенного уступа 16 м, разрез б-б) так же появляются зоны с предельными значениями коэффициента запаса устойчивости и картина распределения значений коэффициента запаса устойчивости практически не отличается от картины распределения значений коэффициента запаса устойчивости для случая генерального угла откоса 42 градуса.

4. В соответствии с полученными результатами при достижении глубины карьера 460 м рекомендуется устанавливать мониторинговые репера на горизонте 4120 в верхней части карьера, на горизонтах 3880, 3840 (зона влияния разломов) и проводить регулярные наблюдения абсолютной величины вертикального и горизонтального смещения.

### **Список литературы**

1. Hoek E. Practical Rock Engineering / E. Hoek. – London: Institution of Mining and Metallurgy, 2002.– pp. 325.
2. Модель Хука – Брауна с разупрочнением: [сайт].– <https://geoinfo.ru/product/iovlev-grigorij-alekseevich/model-huka-brauna-s-razuprochneniem-sdelaet-geotekhnicheskie-resheniya-bolee-nadezhnymi-46728.shtml> (дата обращения 02.01.2023 г.).
3. Тажибаев, Д.К. Влияние анизотропности горных пород на устойчивость обнажений горных выработок / Д.К. Тажибаев, К.Т. Тажибаев. – Бишкек: Издательский центр «Текник», 2014. – 124 с.

**З.К. Маймекон<sup>1</sup>, Д.А. Самбаева<sup>2</sup>, Э.А. Шабданова<sup>3</sup>, Ж.Д. Сыдыков<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Кыргыз-Түрк «Манас» университети, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
<sup>2,3,4</sup> И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университет, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1</sup> Кыргызско-Турецкий Университет «Манас», Бишкек, Кыргызская Республика,  
ORCID 0000-0002-9117-262X

<sup>2,3,4</sup> Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Бишкек,  
Кыргызская Республика,

<sup>2</sup>ORCID 0000-0002-9834-341X

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-7218-0782

<sup>4</sup>ORCID 0000-0002-5471-3888

**Z.K. Maimekov<sup>1</sup>, D.A. Sambaeva<sup>2</sup>, Э.А. Шабданова<sup>3</sup>, Zh.D. Sydykov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, Kyrgyz Republic, ORCID 0000-0002-9117-262X

<sup>2,3,4</sup> Kyrgyz State Technical University named after. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic,

<sup>2</sup>ORCID 0000-0002-9834-341X

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-7218-0782

<sup>4</sup>ORCID 0000-0002-5471-3888

zarlyk.maimekov@manas.edu.kg, damira.sambaeva@kstu.kg

elmira.shabdanova@kstu.kg, sydykov@kstu.kg

## **ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МАСЕЛ В ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРАХ И СНИЖЕНИЕ ИХ ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

### **ЭЛЕКТР ТРАНСФОРМАТОРЛОРУНДА КОЛДОНУЛГАН ОРГАНИКАЛЫК МАЙЛАРДЫ ЗЫЯНСЫЗДАНДЫРУУ ЖАНА АЛАРДЫН АЙЛАНА-ЧӨЙРӨДӨГҮ ТЕХНОГЕНДИК ЖҮГҮН АЗАЙТУУ**

#### **NEUTRALIZATION OF SPENT ORGANIC OILS IN ELECTRIC TRANSFORMERS AND REDUCTION OF THEIR MAN-MADE LOADS IN THE ENVIRONMENT**

*Эски электр трансформаторлорунда көп компоненттүү совол жана совол тибиндеги иштетилген органикалык майлар кездешет. Бул жагдайды эске алып, берилген жумушта зыяндуу хлорду камтыган заттардын, металлдардын кычкылдары (Ba, Al, Ca, Mg) менен болгон жогорку температурадагы пиролизи каралды. Энтропиянын максималдуу маанисинде совол (совтол)- металлдардын кычкылынан турган система физикалык-химиялык моделдештирилди. Температуранын ар кыл өлчөмүндө, системадагы компоненттердин, активдүү бөлүкчөлөрдүн жана конденсирленген фазалардын концентрациялык таралышы аныкталды. Газ чөйрөсүндө, совол (совтол) төмөнкү молекулалык хлорду кармаган кошулмаларга, бөлүкчөлөргө ажырады жана алардын өзгөрүүсүнүн температуралык режимдери көрсөтүлдү. Жогорку температурада металлдын кычкылдары (барий, алюминий, кальций, магний) балкып эрип, совол (совтол) ажыраганда пайда болгон хлор менен аракеттенишип, алгачкы зыяндуу органикалык бирикмелерди туруктуу туз формасына өткөрдү, б.а. металлдардын хлориддери пайда болуп жана кычкылдардын эффективдүү нейтралдаштыруу мүмкүнчүлүгү байкалды. Газ фазасында пайда болгон заттар, муздатуудан кийин илактын курамына айланды. Бирдей эксперименттик шартта совол жана соволдун ажыроосунда пайда болгон кальцийдин хлориддеринин (CaCl<sub>2</sub>(с), CaCl<sub>2</sub>) өлчөмдөрү, Ba, Al жана Mg хлориддерине караганда*



*жогору, ошондуктан кальцийдин кычкылдарын, пиролиз процессинде газ фазасынан хлорду зыянсыздандыруучу агент катары колдонуу талабы айкындалды.*

**Түйүндүү сөздөр:** трансформатор, конденсатор, пиролиз, совол, совтол, барий, алюминий, магний, кальций, хлор, кычкыл, зыянсыздандыруу.

*В старых электротрансформаторах встречаются отработанные органические масла, типа многокомпонентного совола и совтола. С учетом этих обстоятельств, в работе рассмотрен высокотемпературный пиролиз токсичных хлорсодержащих веществ в среде оксидов металлов (Ba, Al, Ca, Mg). Осуществлено физико-химическое моделирование системы совол (совтол)-оксиды металлов при максимуме энтропии системы. Установлено концентрационное распределение компонентов, активных частиц и конденсированных фаз в зависимости от температуры. Отмечено разложение совола (совтола) в газовой среде с образованием низкомолекулярных хлорсодержащих соединений, частиц и выявлены температурные режимы их превращения. Высокотемпературная деструкция совола (совтола) с одновременным участием оксидов: бария, алюминия, кальция и магния показала возможности эффективного обезвреживания токсичных органических хлорсодержащих соединений, путем перевода их в устойчивую солевую форму - в хлориды металлов, а продукты на их основе после охлаждения газовой фазы могут быть направлены в состав шлака. Установлено, что концентрация  $CaCl_2(c)$ ,  $CaCl_2$  при деструкции совола и совтола больше в продуктах пиролиза по отношению с хлоридами Ba, Al и Mg при одинаковых условиях опыта, соответственно и предпочтительно использовать в дальнейшем оксид кальция в качестве сорбента токсичного хлора из газовой фазы.*

**Ключевые слова:** трансформатор, конденсатор, пиролиз, совол, совтол, барий, алюминий, магний, кальций, хлор, оксид, обезвреживание.

*Spent organic oils, such as multi-component sovol and sovtol, are found in old electric transformers. Taking these circumstances into account, the work considers high-temperature pyrolysis of toxic chlorine-containing substances in the medium of metal oxides (Ba, Al, Ca, Mg). Advanced physico-chemical modeling of the sovol (sovtol)-oxide metal system with maximum entropy has been developed. The concentration distribution of components, active particles and condensed phases depending on the temperature is established. Decomposition of sovol (sovtola) in a gaseous environment with the formation of low-molecular chlorine-containing compounds, particles and the temperature regime of their transformation is identified. High-temperature destruction of sovol (sovtol) with simultaneous participation of oxides: barium, aluminum, calcium and magnesium has shown the possibility of effective neutralization of toxic organic chlorine-containing compounds, by converting them into a stable salt form into metal chlorides, and the products based on them after cooling the gas phase can be directed to the composition of slag. It was established that the concentration of  $CaCl_2(c)$ ,  $CaCl_2$  during the destruction of sovol and sovtol is greater in the pyrolysis products with chlorides of Ba, Al and Mg under the same experimental conditions, respectively, and it is preferable to further use calcium oxide as a sorbent for toxic chlorine from the gas phase.*

**Key words:** transformer, capacitor, pyrolysis, sovol, sovtol, barium, aluminum, magnesium, calcium, chlorine, oxide, neutralization.

**Введение.** В производственных объектах и оборудовании электротехнической промышленности имеются определенные объемы отработанных токсичных органических масел (полихлорбифенилы- совол и совтол, рис.1) [1-17]. С учетом этих положений проведены теоретические и экспериментальные исследования [2-10] по осуществлению процесса обезвреживания токсичных хлорсодержащих веществ различными методами, и в частности пиролизом в среде оксидов: бария, алюминия, кальция и магния в широких спектрах изменения температуры [18-30].

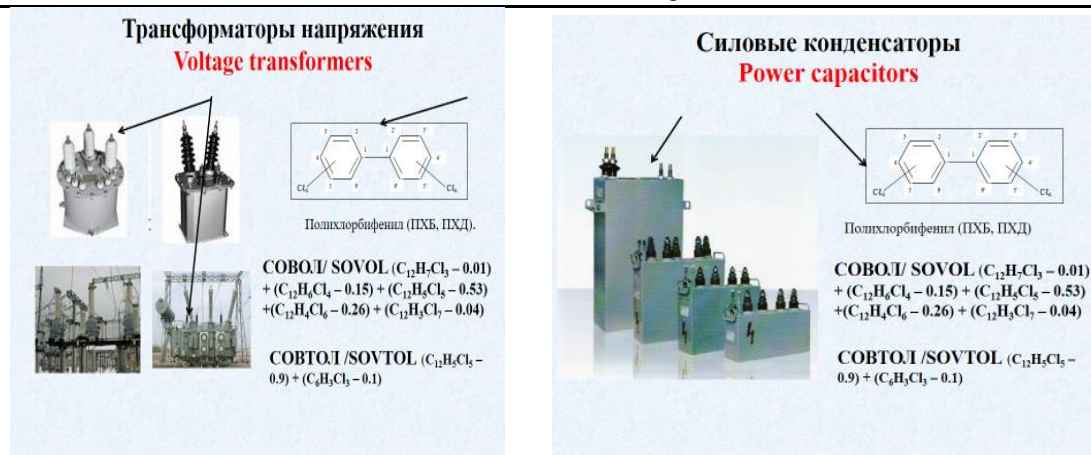


Рис.1. Совол и совтол: в силовых конденсаторах и трансформаторах напряжения

Отмечено, что в субкритических условиях (температура достигает до 3000 К) эффективно протекает плавления оксидов металлов и разложения масел с образованием различных видов хлорсодержащих частиц в газовой фазе: Cl, Cl<sub>2</sub>, ClO, ClO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>O, NOCl, CCl, ClCO, Cl<sub>2</sub>CO, CHCl, CH<sub>2</sub>Cl, CH<sub>3</sub>Cl, HClCO, в том числе низкомолекулярных соединений типа хлорида водорода (HCl) и устойчивых хлоридов металла, и тем самым достигается обезвреживание совола и совтола [16, 17, 19].

**Материал и метод исследования.** С целью выявления химизма образования низкомолекулярных хлорсодержащих компонентов и частиц в газовой фазе на основе совола и совтола, а также определения температурных режимов их конверсии сначала осуществлена инвентаризация и идентификация отработанных масел [1]. Деструкция совола (совтола) и связывание хлора из газовой фазы осуществлена пиролизом с участием оксидов: Ba, Al, Ca, Mg в широких интервалах изменения температуры (278-3000 К) при максимуме энтропии системы [18, 24, 27]. При этом рассмотрена следующая матрица сложной смеси: совола (%)- (C<sub>12</sub>H<sub>7</sub>Cl<sub>3</sub> -1,9) - (C<sub>12</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>4</sub> -15) - (C<sub>12</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>5</sub> -53) - (C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>6</sub> -26) - (C<sub>12</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>7</sub> -41) и совтола (%)- (C<sub>12</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>5</sub> -90) - (C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub> -10) с участием оксидов металлов (%): (MgO -25) - (BaO -25) - (CaO -25) - (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -25). В модельных расчетах учтены элементные составы исходной смеси: совола (моль/кг) [24, 27]: С – 20,103, Н – 7,476, Cl – 9,277, Mg – 2,618, О – 8,293, Ва – 0,688, Са – 1,882, Al – 2,070; совтола (моль/кг) [19]: С – 18,19, Н – 7,71, Cl – 7,71, Ва – 0,81, О – 9,82, Al – 2,45, Са – 2,22, Mg – 3,10; параметры расчетного эксперимента составили T=293-3000 К, P=0,1МПа [19].

В расчетных экспериментах установлены физико-химические и термодинамические параметры системы: удельный объем (v, м<sup>3</sup>/кг), энтропия (S, кДж/(кг К)), энтальпия (I, кДж/кг), внутренняя энергия (U, кДж/кг), число молей веществ (M, моль/кг), теплоемкость (C<sub>p</sub>, кДж/(кг К)), коэффициент динамической вязкости (Mu, Па·с), теплопроводность (Lt, Вт/(м·К)), число Прандтля (Pr), массовая доля конденсированных фаз (z), а также определены равновесные концентрации компонентов, конденсированных фаз и активных частиц в газовой фазе в широких пределах изменения температурного шага пиролиза смеси [24, 27].

**Результаты и их обсуждения.** В процессе исследования пиролиза масел в среде оксидов металлов в широких спектрах изменения температуры (293-3000К) были учтены температуры плавления и кипения исходных оксидов и их сплавов: оксид магния T<sub>пл</sub>=2825°C, T<sub>кип</sub>=3600°C; оксид кальция T<sub>пл</sub>=2585°C, T<sub>кип</sub>=2850°C; оксид алюминия T<sub>пл</sub>=2054°C, T<sub>кип</sub>=3000°C; оксид бария T<sub>пл</sub>=1923°C, T<sub>кип</sub>=2000°C. Отсюда видно, что оксид магния и кальция более тугоплавкие, поэтому они могут быть более эффективными поглотителями газообразного токсичного хлора при высоких температурах процесса пиролиза совола и совтола. С учетом этих обстоятельств в последующем приведены результаты только при T=2993 К, P=0,1 МПа (табл.1-2, рис.1-5).

Таблица 1 - Равновесные параметры и равновесные концентрации компонентов и частиц (моль/кг) системы: совоол-оксиды металлов (Ba, Al, Ca, Mg) при температуре процесса пиролиза смеси T=2993K [25]

P=0,1	T=2993	v=5,20	S=6,73	I=1136,43
U=667,43	M=31,53	C <sub>p</sub> =1,10	z=0,127	Pr=0,45
Mu=0,00008	Lt=0,173	-	-	-

(моль/кг)

O = 0,35·10 <sup>-6</sup>	H = 1,07	H <sub>2</sub> = 2,30	OH = 0,12·10 <sup>-5</sup>
H <sub>2</sub> O = 0,81·10 <sup>-5</sup>	Cl = 0,37	Cl <sub>2</sub> = 0,74·10 <sup>-4</sup>	ClO = 0,51·10 <sup>-9</sup>
<b>HCl = 1,17</b>	HOCl = 0,11·10 <sup>-9</sup>	C <sub>(c)</sub> = 10,60	C = 0,99·10 <sup>-3</sup>
C <sub>2</sub> = 0,59·10 <sup>-3</sup>	C <sub>3</sub> = 0,006	C <sub>4</sub> = 0,19·10 <sup>-4</sup>	C <sub>5</sub> = 0,10·10 <sup>-3</sup>
CO = 8,29	CO <sub>2</sub> = 0,39·10 <sup>-5</sup>	C <sub>2</sub> O = 0,57·10 <sup>-4</sup>	C <sub>3</sub> O <sub>2</sub> = 0,10·10 <sup>-7</sup>
CH = 0,14·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>2</sub> = 0,12·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>3</sub> = 0,15·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>4</sub> = 0,20·10 <sup>-4</sup>
C <sub>2</sub> H = 0,02	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> = 0,14	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> = 0,40·10 <sup>-4</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> = 0,26·10 <sup>-5</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> = 0,57·10 <sup>-9</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> = 0,95·10 <sup>-11</sup>	C <sub>3</sub> H = 0,24	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> = 0,41·10 <sup>-8</sup>
C <sub>4</sub> H = 0,35·10 <sup>-3</sup>	C <sub>4</sub> H <sub>2</sub> = 0,02	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> = 0,71·10 <sup>-10</sup>	CHO = 0,32·10 <sup>-4</sup>
CHO <sub>2</sub> = 0,20·10 <sup>-10</sup>	CH <sub>2</sub> O = 0,37·10 <sup>-6</sup>	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 0,10·10 <sup>-11</sup>	CCl = 0,31·10 <sup>-3</sup>
CCl <sub>2</sub> = 0,61·10 <sup>-6</sup>	CCl <sub>3</sub> = 0,73·10 <sup>-10</sup>	C <sub>2</sub> Cl = 0,14·10 <sup>-3</sup>	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,45·10 <sup>-5</sup>
C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> = 0,15·10 <sup>-10</sup>	ClCO = 0,21·10 <sup>-5</sup>	Cl <sub>2</sub> CO = 0,29·10 <sup>-9</sup>	CHCl = 0,12·10 <sup>-4</sup>
CH <sub>2</sub> Cl = 0,66·10 <sup>-5</sup>	CH <sub>3</sub> Cl = 0,27·10 <sup>-6</sup>	CHCl <sub>2</sub> = 0,12·10 <sup>-6</sup>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,20·10 <sup>-8</sup>
CHCl <sub>3</sub> = 0,13·10 <sup>-10</sup>	C <sub>2</sub> HCl = 0,001	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl = 0,11·10 <sup>-6</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,96·10 <sup>-9</sup>
C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> = 0,21·10 <sup>-11</sup>	HClCO = 0,24·10 <sup>-7</sup>	Al = 0,10	Al <sub>2</sub> = 0,60·10 <sup>-5</sup>
Al <sub>2</sub> O = 0,61·10 <sup>-5</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 0,27·10 <sup>-11</sup>	AlH = 0,003	AlH <sub>2</sub> = 0,60·10 <sup>-5</sup>
AlH <sub>3</sub> = 0,14·10 <sup>-8</sup>	AlOH = 0,26·10 <sup>-5</sup>	AlO = 0,24·10 <sup>-9</sup>	AlCl = 1,81
<b>AlCl<sub>2</sub> = 0,13</b>	AlCl <sub>3</sub> = 0,002	Al <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> = 0,54·10 <sup>-11</sup>	AlOCl = 0,11·10 <sup>-5</sup>
AlOCl <sub>2</sub> = 0,44·10 <sup>-8</sup>	AlHCl = 0,001	AlH <sub>2</sub> Cl = 0,41·10 <sup>-6</sup>	AlHCl <sub>2</sub> = 0,72·10 <sup>-4</sup>
AlOHCl = 0,48·10 <sup>-6</sup>	AlOHCl <sub>2</sub> = 0,23·10 <sup>-7</sup>	AlC = 0,47·10 <sup>-4</sup>	AlC <sub>2</sub> = 0,50·10 <sup>-3</sup>
Al <sub>2</sub> C <sub>2</sub> = 0,28·10 <sup>-4</sup>	Mg = 2,01	Mg <sub>2</sub> = 0,10·10 <sup>-4</sup>	MgO = 0,94·10 <sup>-6</sup>
MgH = 0,001	MgOH = 0,59·10 <sup>-6</sup>	<b>MgCl = 0,35</b>	<b>MgCl<sub>2</sub> = 0,24</b>
MgOHCl = 0,43·10 <sup>-6</sup>	Ca = 0,03	Ca <sub>2</sub> = 0,17·10 <sup>-7</sup>	CaO = 0,14·10 <sup>-7</sup>
CaH = 0,13·10 <sup>-3</sup>	CaOH = 0,13·10 <sup>-6</sup>	<b>CaCl = 0,22</b>	<b>CaCl<sub>2</sub> = 1,62</b>
CaOHCl = 0,27·10 <sup>-5</sup>	Ba = 0,002	Ba <sub>2</sub> = 0,29·10 <sup>-10</sup>	BaO = 0,53·10 <sup>-6</sup>
BaH = 0,24·10 <sup>-4</sup>	BaOH = 0,19·10 <sup>-6</sup>	BaCl = 0,06	<b>BaCl<sub>2</sub> = 0,61</b>
BaOHCl = 0,14·10 <sup>-5</sup>	·10 <sup>-</sup> = 0,24·10 <sup>-3</sup>	O <sup>-</sup> = 0,25·10 <sup>-11</sup>	H <sup>-</sup> = 0,35·10 <sup>-6</sup>
OH <sup>-</sup> = 0,13·10 <sup>-10</sup>	Cl <sup>-</sup> = 0,003	C <sup>-</sup> = 0,21·10 <sup>-8</sup>	C <sup>2-</sup> = 0,82·10 <sup>-5</sup>
CHO <sup>+</sup> = 0,22·10 <sup>-11</sup>	Al <sup>+</sup> = 0,42·10 <sup>-4</sup>	AlO <sup>-</sup> = 0,11·10 <sup>-7</sup>	Mg <sup>+</sup> = 0,14·10 <sup>-4</sup>
Ca <sup>+</sup> = 0,10·10 <sup>-3</sup>	CaO <sup>+</sup> = 0,26·10 <sup>-10</sup>	CaOH <sup>+</sup> = 0,25·10 <sup>-8</sup>	CaCl <sup>+</sup> = 0,15·10 <sup>-3</sup>
BaO <sup>+</sup> = 0,38·10 <sup>-9</sup>	BaOH <sup>+</sup> = 0,19·10 <sup>-7</sup>	BaCl <sup>+</sup> = 0,003	AlO = 0,14·10 <sup>-5</sup>

Таблица 2 - Равновесные параметры и равновесные концентрации компонентов и частиц (моль/кг) системы: совоол-оксиды металлов (Ba, Al, Ca, Mg) при температуре процесса пиролиза смеси T=2993K [25]

P=0,1	T=2993	v=5,82736	S=7,09078	I=1438
U=913,314	M=30,4153	C <sub>p</sub> =1,06567	z=0,0840533	Pr=0,453042
Mu=0,0000838	Lt=0,176713	-	-	-

(моль/кг)

O = 0,42·10 <sup>-6</sup>	H = 1,22	H <sub>2</sub> = 2,66	OH = 0,15·10 <sup>-5</sup>
H <sub>2</sub> O = 1,0·10 <sup>-5</sup>	Cl = 0,14	<b>Cl<sub>2</sub> = 0,96·10<sup>-5</sup></b>	ClO = 0,20·10 <sup>-9</sup>
<b>HCl = 0,45</b>	HOCl = 0,46·10 <sup>-10</sup>	<b>C(c) = 6,9</b>	C = 0,001
C <sub>2</sub> = 0,66·10 <sup>-3</sup>	C <sub>3</sub> = 0,006	C <sub>4</sub> = 0,22·10 <sup>-4</sup>	C <sub>5</sub> = 0,12·10 <sup>-3</sup>

CO = 9,82	CO <sub>2</sub> = 0,49·10 <sup>-5</sup>	C <sub>2</sub> O = 0,67·10 <sup>-4</sup>	C <sub>3</sub> O <sub>2</sub> = 0,13·10 <sup>-7</sup>
CH = 0,16·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>2</sub> = 0,13·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>3</sub> = 0,17·10 <sup>-3</sup>	CH <sub>4</sub> = 0,24·10 <sup>-4</sup>
C <sub>2</sub> H = 0,02	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> = 0,16	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> = 0,47·10 <sup>-4</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> = 0,32·10 <sup>-5</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> = 0,69·10 <sup>-9</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> = 0,11·10 <sup>-10</sup>	C <sub>3</sub> H = 0,27	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> = 0,50·10 <sup>-8</sup>
C <sub>4</sub> H = 0,39·10 <sup>-3</sup>	C <sub>4</sub> H <sub>2</sub> = 0,02	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> = 0,85·10 <sup>-10</sup>	CHO = 0,39·10 <sup>-4</sup>
CHO <sub>2</sub> = 0,25·10 <sup>-10</sup>	CH <sub>2</sub> O = 0,46·10 <sup>-6</sup>	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 0,14·10 <sup>-11</sup>	CH <sub>3</sub> O = 0,12·10 <sup>-11</sup>
CCl = 0,11·10 <sup>-3</sup>	CCl <sub>2</sub> = 0,78·10 <sup>-7</sup>	CCl <sub>3</sub> = 0,32·10 <sup>-11</sup>	C <sub>2</sub> Cl = 0,55·10 <sup>-4</sup>
C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,58·10 <sup>-6</sup>	CICO = 0,87·10 <sup>-6</sup>	Cl <sub>2</sub> CO = 0,40·10 <sup>-10</sup>	CHCl = 0,47·10 <sup>-5</sup>
CH <sub>2</sub> Cl = 0,26·10 <sup>-5</sup>	CH <sub>3</sub> Cl = 0,11·10 <sup>-6</sup>	CHCl <sub>2</sub> = 0,16·10 <sup>-7</sup>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,27·10 <sup>-9</sup>
C <sub>2</sub> HCl = 0,61·10 <sup>-3</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl = 0,45·10 <sup>-7</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> = 0,12·10 <sup>-9</sup>	HCICO = 0,10·10 <sup>-7</sup>
Al = 0,350	Al <sub>2</sub> = 0,58·10 <sup>-4</sup>	Al <sub>2</sub> O = 0,63·10 <sup>-4</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 0,29·10 <sup>-10</sup>
AlH = 0,011	AlH <sub>2</sub> = 0,20·10 <sup>-4</sup>	AlH <sub>3</sub> = 0,49·10 <sup>-8</sup>	AlOH = 0,93·10 <sup>-5</sup>
HALO = 0,85·10 <sup>-9</sup>	AlO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> = 0,16·10 <sup>-11</sup>	AlCl = 2,03	AlCl <sub>2</sub> = 0,05
AlCl <sub>3</sub> = 0,31·10 <sup>-3</sup>	AlOCl = 0,13·10 <sup>-5</sup>	AlOCl <sub>2</sub> = 0,18·10 <sup>-8</sup>	AlHCl = 0,002
AlH <sub>2</sub> Cl = 0,48·10 <sup>-6</sup>	AlHCl <sub>2</sub> = 0,27·10 <sup>-4</sup>	AlOHCl = 0,58·10 <sup>-6</sup>	AlOHCl <sub>2</sub> = 0,95·10 <sup>-8</sup>
AlC = 0,15·10 <sup>-3</sup>	AlC <sub>2</sub> = 0,001	Al <sub>2</sub> C <sub>2</sub> = 0,27·10 <sup>-3</sup>	Mg = 2,88
Mg <sub>2</sub> = 0,18·10 <sup>-4</sup>	MgO = 0,14·10 <sup>-5</sup>	MgH = 0,002	MgOH = 0,92·10 <sup>-6</sup>
MgCl = 0,17	MgCl <sub>2</sub> = 0,04	MgOHCl = 0,22·10 <sup>-6</sup>	Ca = 0,28
Ca <sub>2</sub> = 0,86·10 <sup>-6</sup>	CaO = 0,11·10 <sup>-6</sup>	CaH = 0,001	CaOH = 0,10·10 <sup>-5</sup>
CaO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> = 0,37·10 <sup>-11</sup>	CaCl = 0,55	<b>CaCl<sub>2</sub> = 1,38</b>	CaOHCl = 0,75·10 <sup>-5</sup>
Ba = 0,017	Ba <sub>2</sub> = 0,18·10 <sup>-8</sup>	BaO = 0,47·10 <sup>-5</sup>	BaH = 0,21·10 <sup>-3</sup>
BaOH = 0,17·10 <sup>-5</sup>	BaO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> = 0,26·10 <sup>-11</sup>	BaCl = 0,19	BaCl <sub>2</sub> = 0,59
BaOHCl = 0,45·10 <sup>-5</sup>	-	O <sup>-</sup> = 0,77·10 <sup>-11</sup>	H <sup>-</sup> = 0,10·10 <sup>-5</sup>
OH <sup>-</sup> = 0,41·10 <sup>-10</sup>	Cl <sup>-</sup> = 0,003	C <sup>-</sup> = 0,64·10 <sup>-8</sup>	C <sup>2-</sup> = 0,24·10 <sup>-4</sup>
CHO <sup>+</sup> = 0,10·10 <sup>-11</sup>	Al <sup>+</sup> = 0,53·10 <sup>-4</sup>	AlO <sup>-</sup> = 0,10·10 <sup>-6</sup>	Mg <sup>+</sup> = 0,81·10 <sup>-5</sup>
Ca <sup>+</sup> = 0,30·10 <sup>-3</sup>	CaO <sup>+</sup> = 0,79·10 <sup>-10</sup>	CaOH <sup>+</sup> = 0,78·10 <sup>-8</sup>	CaCl <sup>+</sup> = 0,15·10 <sup>-3</sup>
BaO <sup>+</sup> = 0,13·10 <sup>-8</sup>	BaOH <sup>+</sup> = 0,67·10 <sup>-7</sup>	BaCl <sup>+</sup> = 0,003	AlO = 0,49·10 <sup>-5</sup>

В процессе пиролиза совола с участием оксидов металлов (Mg, Ba, C, Al) значение энтропии (S=0,853), положительные, а энтальпии (I= - 6807,3) и внутренней энергии (U= - 6807,2) отрицательные, и тем самым указаны направление и протекание процесса пиролиза с образованием углерод, водород, кислород, магний, кальций, алюминий и барий содержащих компонентов, конденсированных фаз, а также анионов и катионов при высоких температурах (рис. 2 и 3).

Из рис. 2 и 3 видно, что концентрационное распределение O, H, Cl-содержащих компонентов и частиц показали, что содержание хлористого водорода меняется от 0,0031 (293 К) до 1,179 моль/кг (2993 К). Конденсированный углерод составляет от 19,43 моль/кг (293К) до 10,60 моль/кг (2993 К). Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(с) 1·10<sup>-30</sup> моль/кг (293 К), а при 2993 К 2,86·10<sup>-30</sup> моль/кг; AlO<sub>3</sub>H<sub>3</sub>(с) 2,07 моль/кг (293 К) и 2,86·10<sup>-30</sup> моль/кг (2993 К) [20, 30].

Получено концентрационное распределение магний, кислород, водород, хлор содержащих компонентов и частиц, где (моль/кг): MgO<sub>(с)</sub> 1·10<sup>-30</sup> (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup> (2993К); MgCl<sub>2(с)</sub> 2,066 (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup> (2993К); MgCO<sub>3(с)</sub> 0,551 (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup> (2993К); MgAl<sub>2</sub>O<sub>4(с)</sub> 1·10<sup>-30</sup> (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup> (2993К); CaCl<sub>2(с)</sub> 1,881 (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup> (2993К); BaCl<sub>2(с)</sub> 0,688 (293К) и 2,86·10<sup>-30</sup>(2993К) [20, 30].

Конденсированный углерод С(с), т.е. сажа образуется в пределах 20 моль/кг при 400 К, а затем ее содержание с ростом температуры до 2800 К незначительно снижается. Содержание оксида углерода с ростом температуры растет и при 2000 К стабилизируется в пределах 8 моль/кг. Концентрация хлористого водорода достигает до 3,3-3,4 моль/кг при 1200 К, а затем резко снижается за счет образования других хлорсодержащих соединений типа: MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>(с), CaCl<sub>2</sub>. Образование хлоридов бария и магния начинается относительно при низких температурах (400 К), например, содержание MgCl<sub>2</sub>(с) при 400 К составляет 2

моль/кг, а при 1500 К обращается в нуль, т.е. из-за расходования хлора для образования других хлоридов типа:  $MgCl_2(c)$ ,  $CaCl_2(c)$  [24, 27].

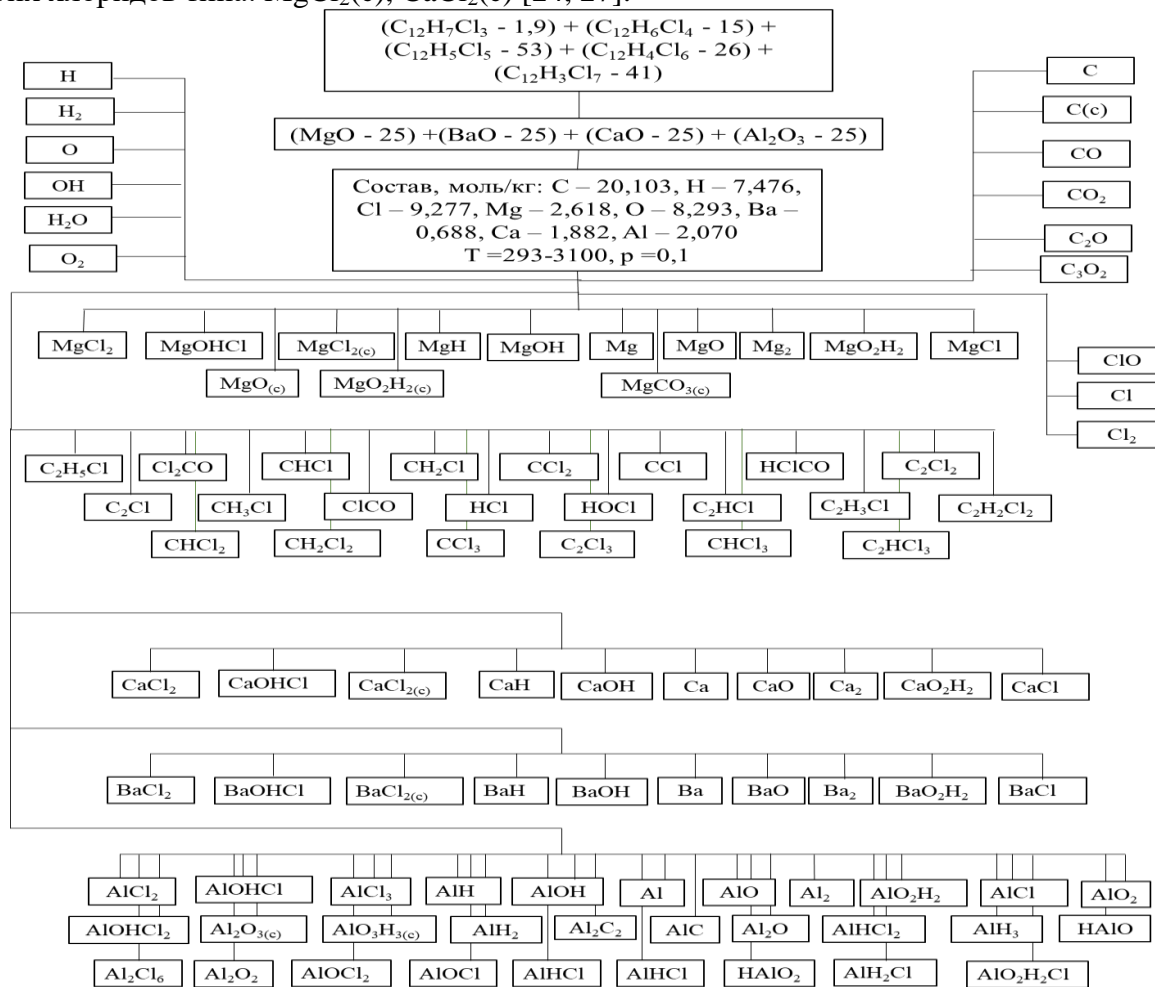


Рис.2. Деструкция **свола** в среде оксидов металлов и схема образования отдельных компонентов, конденсированных фаз и частиц, содержащих водорода, кислорода, углерода, магния, кальция, алюминия, бария и хлора

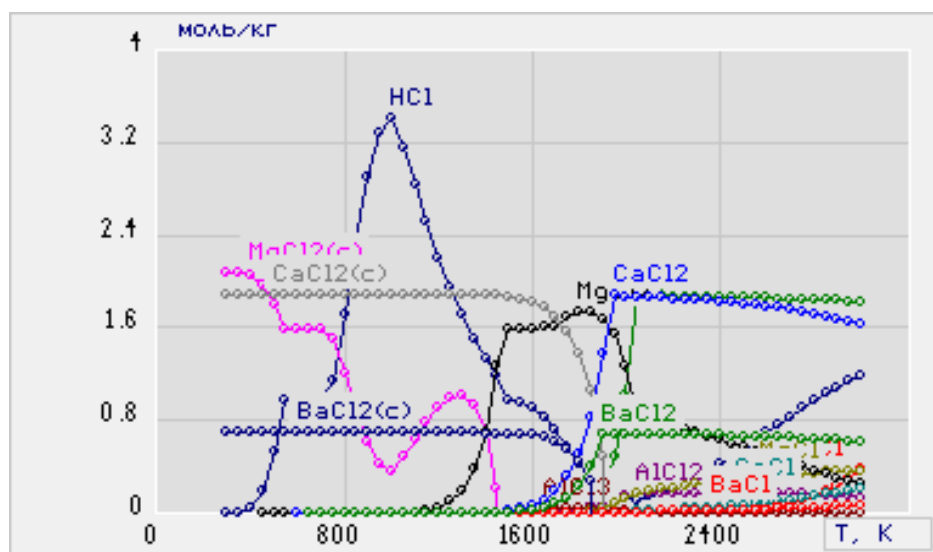


Рис.3. Концентрационное распределение хлорсодержащих соединений, конденсированных фаз и частиц (моль/кг) в зависимости от температуры процесса пиролиза **свола** (%):

$C_{12}H_7Cl_3$  (1,9) –  $C_{12}H_6Cl_4$  (15) –  $C_{12}H_5Cl_5$  (53) –  $C_{12}H_4Cl_6$  (26) –  $C_{12}H_3Cl_7$  (4,1) в среде оксидов металлов (Ca, Mg, Ba, Al) [20, 30].

Концентрация  $BaCl_2(c)$  равной 0,7 моль/кг постоянная в пределах температуры от 400 К до 1600 К, а далее резко уменьшается до нуля. Здесь устойчивый характер показывает хлориды кальция в виде  $CaCl_2(c)$ ,  $CaCl_2$ , где их концентрации составляют 2,0 моль/кг от 400 К до 2000 К ( $CaCl_2(c)$ ), а концентрация  $CaCl_2$  при 1600 К практически нулевая, затем увеличивается до 2 моль/кг при 1800 К, оставаясь постоянными в пределах температуры от 2000 К и до 3000 К [24, 27]. Содержание хлоридов:  $BaCl_2(c)$ ,  $BaCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $AlCl_2$ ,  $BaCl$  в газовой фазе ниже 0,8 моль/кг. Исходя из этого можно отдать предпосылки на оксид кальция в качестве эффективного связующего токсичного хлора совола, поскольку содержание  $CaCl_2(c)$ ,  $CaCl_2$  намного больше (около 2,0 моль/кг от 400 К до 2000 К) по сравнению с  $BaCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $AlCl_2$ ,  $BaCl$ ,  $MgCl_2(c)$  /0,8 моль/кг/ при тех же условиях опыта. Получено концентрационное распределение магнийсодержащих веществ ( $MgCl_2(c)$ ,  $MgCl_2$ ,  $Mg$ ,  $MgO(c)$ ,  $MgAl_2O_4(c)$ ,  $MgCO_3(c)$ ,  $MgCl$ ). В процессе пиролиза совола в среде оксидов металлов (Ca, Mg, Ba, Al), оксид магния эффективно работает при низких температурах. Содержание  $MgCl_2(c)$  2,1 моль/кг при 400 К и далее с ростом температуры уменьшается до нуля. Максимум концентрации  $MgCl_2$  1,75 моль/кг достигается при 1800 К и далее с повышением температуры уменьшается. Конденсированные фазы типа  $MgAl_2O_4(c)$  и  $MgCO_3(c)$  составляет 1,0 моль/кг и 0,5 моль/кг, соответственно [15]. Конденсированный хлорид алюминия практически нивелируется с образованием  $Al(OH)_3(c)$  (2 моль/кг при 400 К),  $AlCl$  (1,9 моль/кг при 2000 К),  $Al_2O_3(c)$  (1 моль/кг при 500 К),  $AlCl_3$ ,  $AlCl_2$ ,  $Al_2O$ ,  $Al$  (незначительных количествах в пределах температуры от 500 до 2900 К). Оксид алюминия мало эффективен, как сорбирующий агент хлора органических масел, но атомарный алюминий может быть интересен как катализатор процесса пиролиза исходного сырья. Хлориды бария  $BaCl_2(c)$  и  $BaCl_2$  содержатся в пределах 0,65 моль/кг, при 1600 К начинается резкое уменьшение  $BaCl_2(c)$  и увеличение  $BaCl_2$  до 2400 К.  $BaCl$  составляет 0,10 моль/кг в пределах изменения температуры от 1600 до 2600 К. Следует заметить, что в структуре совола содержится значительное количество углерода, поэтому при его деструкции образуются: 11- 20 моль/кг  $C(c)$ , 8 моль/кг  $CO$ , и малых концентрациях  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $C_4H_2$ ,  $C_3H$  и др. Полученные результаты показали, что содержание  $CaCl_2(c)$ ,  $CaCl_2$  при деструкции совола больше в продуктах по сравнению с  $BaCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $AlCl_2$ ,  $BaCl$ ,  $MgCl_2(c)$  при одинаковых условиях опыта. Предпочтительно использовать в дальнейшем оксид кальция в качестве сорбента токсичного хлора из газовой фазы [24, 27].

Концентрационное распределение хлорсодержащих компонентов, конденсированных фаз и частиц (моль/кг) в зависимости от температуры процесса пиролиза совола (%):  $C_{12}H_5Cl_5$ (90)-  $C_6H_3Cl_3$ (10) с участием оксидов металлов (Ca, Mg, Ba, Al) представлено на рис. 5.

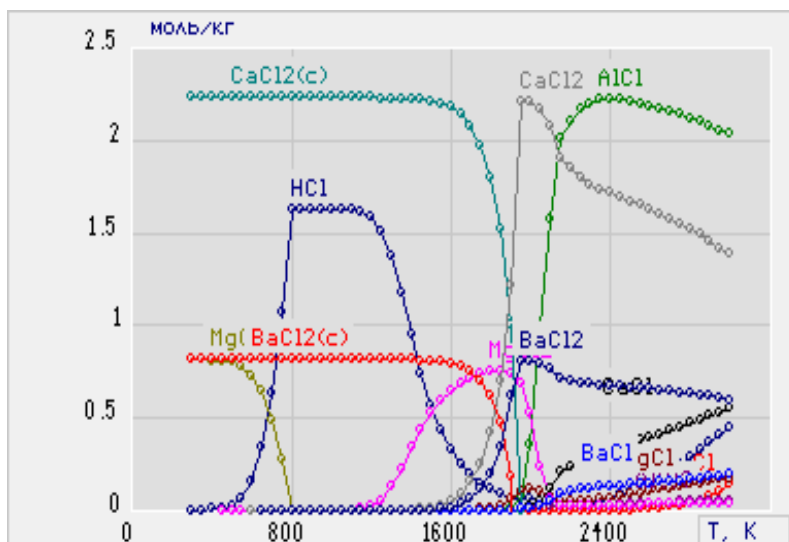




Рис.5. Концентрационное распределение хлорсодержащих компонентов, конденсированных фаз и частиц (моль/кг) в зависимости от температуры процесса пиролиза **совтола** с участием оксидов металлов (Ca, Mg, Ba, Al) [20, 30].

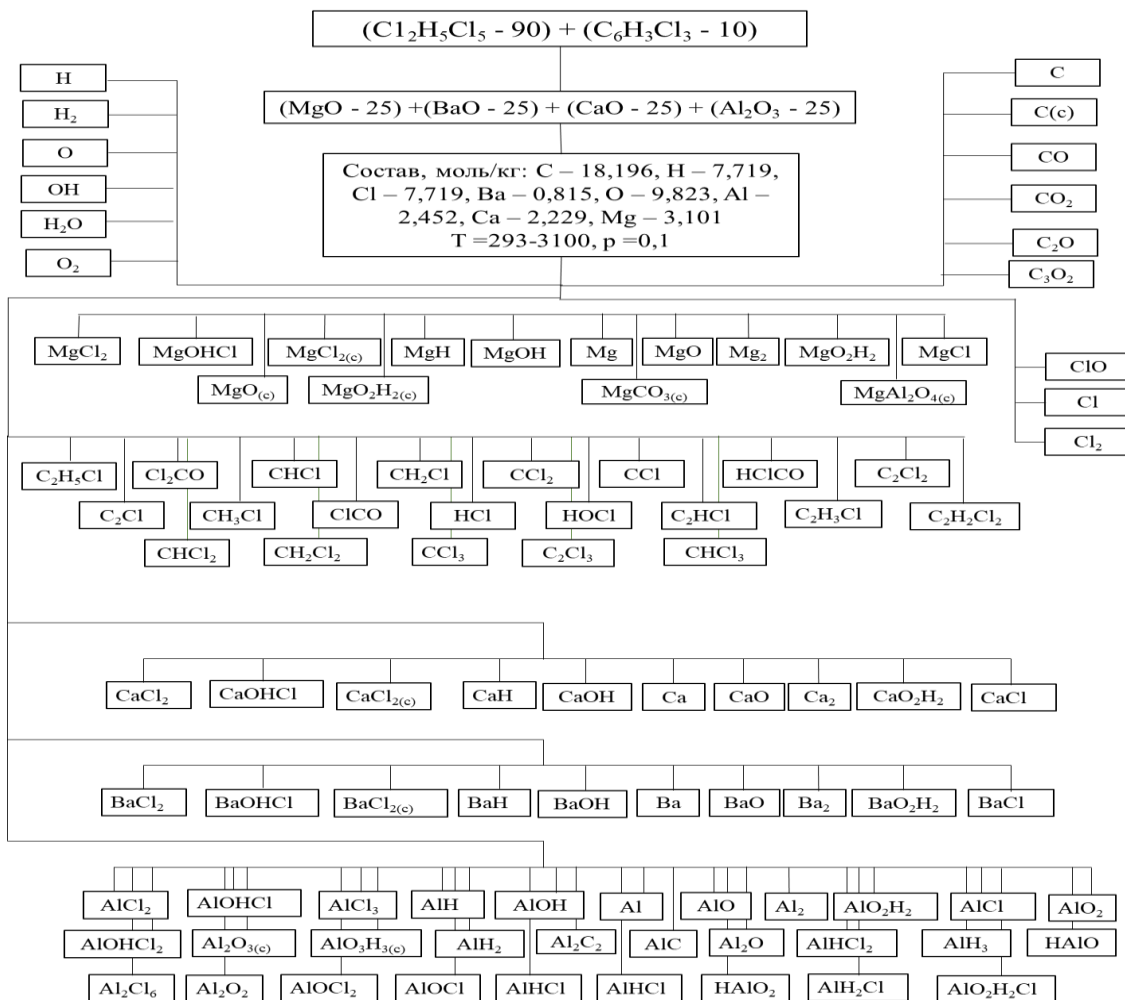


Рис.4. Деструкция **совтола** в среде оксидов металлов и схема образования отдельных компонентов, конденсированных фаз и частиц, содержащих водорода, кислорода, углерода, магния, кальция, алюминия, бария и хлора [20, 30].

Выше отмечено, что поиск эффективных методов обезвреживания токсичных органических хлорсодержащих масел на основе оксидов и гидроксидов щелочноземельных металлов представляет практический интерес. С учетом этих положений продолжены исследования по изучению процесса пиролиза совтола. Здесь следует заметить, что в совтоле содержание углерода меньше на 1,1 моль/кг и хлора на 1,2 моль/кг по сравнению этих же элементов в соволе. В пиролизе отмечены образования CO, H<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, BaCl<sub>2</sub> /, конденсированные фазы /C(c), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(c)/ и различные частицы (Mg, H, Al). Конденсированная сажа - как основной продукт разложения органического совтола образуется в пределах 350-400 К в количествах 18 моль/кг, затем монотонно убывает до 7 моль/кг при 2400-2900 К. С уменьшением концентрации C<sub>(c)</sub> начинает интенсивно образовываться оксид углерода в количествах 10 моль/кг при 2100 К. CaCl<sub>2</sub> имеет более устойчивый характер [20, 30]. Отмечено, что концентрация конденсированного углерода (сажи) уменьшается ступенчато с увеличением температуры. Концентрации остальных продуктов процесса пиролиза совтола в среде оксидов металлов по сравнению с конденсированным углеродом и оксидом углерода составляет не более 4 моль/кг. C(c), CO могут быть восстановителями, и в определенной степени наряду с алюминием, они могут

служит и катализаторами процесса разложения совтола. Образование водородсодержащих соединений и частиц имеют сложный характер:  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $Mg(OH)_2(c)$ ,  $Al(OH)_3(c)$ ,  $CH_4$ ,  $H$ ,  $C_3H$ ,  $AlH$ ,  $HCl$ . Содержание молекулярного водорода 3,8 моль/кг при 2000 К; воды 2,4 моль/кг при 600 К, остальные  $Mg(OH)_2(c)$ ,  $Al(OH)_3(c)$ ,  $CH_4$  ниже 2 моль/кг. Резкое уменьшение количество воды связано с образованием двух гидроксидов:  $Mg(OH)_2(c)$ ,  $Al(OH)_3(c)$  в пределах изменения температуры от 600 К до 700 К.  $Mg(OH)_2(c)$ ,  $Al(OH)_3(c)$  в газовой фазе при высоких температурах (с 2000 К) начинает появляться. Токсичный хлор из молекул ароматического совтола переходит в солевую форму в виде (моль/кг):  $CaCl_2(c)$ -2,25;  $CaCl_2$ -2,15;  $AlCl$ -2,25;  $BaCl_2(c)$ -1,8;  $BaCl_2$  -1,8;  $BaCl$ -0,2;  $MgCl_2$ -0,8, что и означает о эффективном обезвреживании исходного совтола. В качестве поглощающего агента хлора из молекулы совтола предпочтительным является оксид и гидроксид кальция, поскольку как в случае совола, здесь тоже содержание  $CaCl_2(c)$ -2,25 моль/кг,  $CaCl_2$ -2,15 моль/кг в газовой фазе максимальное и оно устойчивое во всех интервалах изменения температуры процесса пиролиза совтола с участием оксидов Ca, Mg, Ba, Al [20, 30].

**Заключение.** Осуществлено физико-химическое моделирование процесса пиролиза совола (%):  $C_{12}H_7Cl_3$  (1,9) -  $C_{12}H_6Cl_4$  (15) -  $C_{12}H_5Cl_5$  (53) -  $C_{12}H_4Cl_6$  - (26) -  $C_{12}H_3Cl_7$  (4,1) и совтола (%):  $C_{12}H_5Cl_5$  (90) -  $C_6H_3Cl_3$  (10) в газо-жидкостной среде с участием оксидов Ba, Al, Mg, Ca в широких интервалах изменения температуры (293 - 3123 К). Определены температурные режимы превращения компонентов, конденсированных фаз, активных частиц, и рассчитаны отдельные физические и термодинамические параметры процесса пиролиза смеси. В субкритических условиях (температура газо-жидкостной фазы высокая до 3000 К) отмечено плавление оксидов металлов и разложение совола и совтола. Установлено образование различных видов соединений хлора в газовой фазе на основе совола и совтола: Cl,  $Cl_2$ , ClO,  $ClO_2$ ,  $Cl_2O$ , HCl, HOCl, CCl, SiCO,  $Cl_2CO$ , CHCl,  $CH_2Cl$ ,  $CH_3Cl$ , HClCO. Выявлен химизм образования конденсированных фаз, низкомолекулярных компонентов, активных частиц и рассчитаны их равновесные концентрации в газовой фазе. Показано образование хлорида кальция в значительных количествах. Высокотемпературная деструкция совола и совтола в газовой фазе с участием оксидов металлов показала возможности обезвреживания токсичных органических путем перевода хлора в солевую форму в виде хлорида кальция с последующим направлением его в состав шлака.

### Список литературы

1. Жумаев, И.А. Управление полихлорированными дифенилами в Кыргызской Республике / И.А. Жумаев, О.И. Печенюк, М.К. Ильязов // Сб. статей Бишкек, 2011. - 256 с.
2. Майорова, А.В. Исследование образования и поведения вредных органических соединений и формирования газовых выбросов при утилизации ПХБ и технических смесей на их основе: автореф. дис. на соиск. учен. степ.канд.хим.наук. -Екатеринбург, 2010. -23 с.
3. Куликова, Т.В. Расчет состава газовой фазы при высокотемпературном нагреве бифенилов в инертной и воздушной средах / Т.В. Куликова, А.В. Майорова, Н.И. Ильиных, К.Ю. Шуняев, Л.И. Леонтьев // Хим.технология. -2009. -Т.10. -№ 7. - С.437 -442.
4. Куликова, Т.В. Образование хлорсодержащих компонентов при высокотемпературном нагреве полихлорированных бифенилов / Т.В. Куликова, А.В. Майорова, Н.И. Ильиных, В.А. Быков // Промышленный журнал «Конверсия». - 2008. -№ 74-75. - С. 45-46.
5. Куликова, Т.В. Исследование поведения полихлорированных бифенилов при высокотемпературном нагреве в инертной воздушной средах / Т.В. Куликова, А.В. Майорова, Н.И. Ильиных, К.Ю. Шуняев // Материалы V Меж.конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». - 2008. - С.76 -77.
6. Майорова, А.В. Утилизация технических смесей на основе ПХБ в условиях доменного производства / А.В. Майорова, Л.И. Леонтьев, Т.В. Куликова, К.Ю. Шуняев // Труды Всеросс.конф. с элементами школы для молодых ученых «Исследования в области



переработки и утилизации техногенных образований и отходов». Екатеринбург. -2009. -С. 144-150.

7. Быков, В.А. Образование экотоксикантов при термическом разложении технических смесей на основе ПХБ / В.А. Быков, А.В. Майорова, Т.В. Куликова, К.Ю. Шуняев // Тр. Всеросс.конф. с элементами школы для молодых ученых исследования в области переработки и утилизации техногенных образований и отходов». Екатеринбург. -2009. -С.265-268.

8. Mayorova, A.V. Investigation into the composition of gas phase at the utilization of the polychlorinated biphenyls in condition of metallurgy processes / A.V. Mayorova, T.V. Kulikova, N.I. Pinykh, K.Yu. Shunyaev // XVII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia. Kazan. -2009. -Vol.1. - P. 182.

9. Майорова, А.В. Утилизация техногенных отходов в условиях доменной плавки / А.В. Майорова, Т.В. Куликова, В.А. Быков, К.Ю. Шуняев, Л.И. Леонтьев // 7-ой семинар СО РАН-УрО РАН «Термодинамика и материаловедение». Новосибирск. -2010. -С.37.

10. Джаванширова, А.А. Особенности кинетики радиационно-химического дехлорирования ПХБ масла («Совтол-10») в присутствии органических растворителей / А.А. Джаванширова, З.И. Искендерова, Э.Т. Абдуллаев, М.А. Гурбанов // Фундаментальные исследования. -2017. -№4-2. -С.242 -246.

11. Cui, X. Polychlorinated biphenyls in the drinking water source of the Yangtze River: characteristics and risk assessment / X. Cui, J. Dong, Z. Huang et al. // Environ Sci Eur 32, 29 (2020).

12. Kaw, H.Y. Review on Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in South Asia with a Focus on Malaysia / H.Y. Kaw, N.A. Kannan // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 242, 153-181 (2016).

13. Paladino, O. Human Health Risk Assessment of a pilot-plant for catalytic pyrolysis of mixed waste plastics for fuel production / O. Paladino, A. Moranda // Journal of Hazardous Materials, 124222 (2020).

14. Wu, Z. The occurrence of polybrominated diphenyl ether (PBDE) contamination in soil, water/sediment, and air / Z. Wu, W. Han, X. Yang, Y. Li, Y. Wang // Environmental Science and Pollution Research, (2019).

15. Маймеков, З.К. Разложение токсичного совола и перевод хлора органической молекулы в солевую форму на основе доломита / З.К. Маймеков, Ж.Б.Изаков, Т.З. Маймеков, А.А. Анарбекова, Д.А. Самбаева // Горный журнал. - 2022. – №1. - С.53-58.

16. Маймеков, З.К. Распределение хлорсодержащих веществ в газовой фазе при высокотемпературном окислении 3-моноклорбифенила в кислородной среде / З.К. Маймеков, А.М. Маймеков, Д.А. Самбаева // Химический журнал Казахстана. - Алматы: 2012. -№ 3. -С.112-115.

17. Маймеков, З.К. Детоксикация 3-моноклорбифенила в водной среде при высоких температурах / З.К. Маймеков, А.М. Маймеков, Д.А. Самбаева // Химический журнал Казахстана. - Алматы: 2012. - №3. - С.170-174.

18. Синярев, Г.Б. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г.Б. Синярев, Н.А. Ватолин, Б.Г. Трусков, Г.К. Моисеев. - М.: Наука, 1982. - 264 с.

19. Маймеков, У.З. Приготовление водно-суспензионной топливной эмульсии с целью обезвреживания отработанного трансформаторного масла в газо-жидкостной среде / У.З. Маймеков, Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков // Горный журнал. - Бишкек: 2021. – Т.1. - С.64-70.

20. Самбаева, Д.А. Физико-химическое моделирование процесса разложения тетрахлордифенила и минимизация концентрации хлорсодержащих веществ в газовой фазе / Д.А. Самбаева // Известия КГТУ им. И. Раззакова. - Бишкек, 2016. - Ч.1.- №3(39). - С.460 - 465.

21. Maimekov, Z.K. Physical and chemical modeling of toxicel-electrical insulating liquids decomposition and reduction of chlorin-containing substances concentration in the gas-phase / Z.K.

Maumekov, D.A. Sambayeva, J.B. Izakov, M.B. Moldobayev, K.A. Kemelov // The Eurasian Agriculture and natural sciences congress. - Bishkek, 2017. - P.74.

22. Маймеков, З.К. Деструкция отработанных электроизоляционных жидкостей трансформаторов в среде: оксид магний-вода-кислород / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, Ж.Б. Изаков, К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев // Проблемы региональной экологии. - Москва: 2017. - №4. - С. 88 -97.

23. Самбаева, Д.А. Деструкция отработанного совтола в электротрансформаторах на основе использования смеси оксида магния-воды-кислорода при высоких температурах / Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков, Ж.Б. Изаков, А.М. Маратбекова // Инженер. - Бишкек: 2017. - №15. - С.58 - 63.

24. Маймеков, З.К. Разложение отработанного совтола электротрансформаторов и утилизация токсичных хлорсодержащих веществ на основе оксида бария (Decomposition of processed electric transformer head and disposal of toxic chlorine containing substances based on barium oxide) / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, Ж.Б. Изаков, Т.З. Маймеков // Мат.конф. Тараз, -17 май 2019. - С.11-15.

25. Маймеков, З.К. Деструкция отработанного совтола в электрооборудованиях и утилизация токсичных хлорсодержащих веществ на основе оксида бария / З.К. Маймеков, Т.З. Маймеков, Д.А. Самбаева, Н.Т. Шайкиева, Ж.Б. Изаков, А.М. Маратбекова // Вестник КГТУ.-Бишкек: 2019. - №2(50). - Ч.2. - С.312-319.

26. Самбаева, Д.А. Снижение концентрации сажи в газовой фазе в процессе сжигания водо-мазутных эмульсий в котлоагрегатах типа Е-1/9М / Д.А. Самбаева, М.Б. Молдобаев, К.А. Кемелов, З.К. Маймеков // Мат. меж. научно-практ. конф. “Экологические проблемы мелиорации и водного хозяйства АПК в условиях четвертой промышленной революции”. - РК, Тараз:2020. - С.24-29.

27. Самбаева, Д.А. Пиролиз отработанного совтола и обезвреживание хлора органической молекулы на основе оксидов металлов / Д.А. Самбаева, Т.З. Маймеков, Н.Э. Тотубаева, Н.Т. Шайкиева, Ж.Б. Изаков, М.Б. Молдобаев, К.А. Кемелов, З.К. Маймеков // Экология урбанизированных территорий. – Москва: 2021. - №3. - С.20-28.

28. Самбаева, Д.А. Деструкция отработанных токсичных органических масел, используемых в электрооборудованиях с целью минимизации влияния хлорсодержащих веществ на окружающую среду / Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков // Мат. меж. научно-практ. конф. «Природопользование и актуальные проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности человека в XXI веке». Тараз: 2021. - Т.1. - С.303-307.

29. Маймеков, З.К. Прогнозирование образования хлорсодержащих веществ при деструкции совтола в газо-жидкостной среде с участием оксидов металлов / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, Т.З. Маймеков, Ж.Б. Изаков // III International Turkic World Congress on Scence and Engineering 14-15 June 2021, Nigde-Turkey.

30. Самбаева, Д.А. Физико-химическое моделирование процесса пиролиза отработанного совтола и обезвреживание хлорсодержащих токсичных веществ на основе оксидов металлов / Д.А. Самбаева, М.Б. Молдобаев, З.К. Маймеков // Горный журнал. - Бишкек: 2021. - Т.2(1). - С.101-106.

УДК 004.8

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1723-1731

**А. М. Алексеев<sup>1,2,3</sup>, Г. Дж. Кабаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup> РИА В. А. Стеклов атындагы мат. инст. Санкт-Петербург бөлүмү, Орусия  
ПОМИ РАН им. В. А. Стеклова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> СПбМУ, Санкт-Петербург, Орусия

<sup>3</sup> СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

**A. M. Alekseev<sup>1,2,3</sup>, G. Dzh. Kabaeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup> PDMI RAS, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> SPbU, St. Petersburg, Russia

anton.m.alexeyev@gmail.com

## ИЖ-КУ-0.1: НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СЛОВ КЫРГЫЗСКОГО ЯЗЫКА

## ИЖ-КУ-0.1: КЫРГЫЗ ТИЛИНДЕГИ ВЕКТОРДУК КӨРҮНҮШТӨГҮ СӨЗДӨРДҮН САПАТЫН БААЛОО МААЛЫМАТТАР ТОПТОМУ

## ИЖ-КУ-0.1: AN EVALUATION DATASET FOR KYRGYZ WORD EMBEDDINGS

*Заманбап колдонмо лингвистиканын маанилүү маселелеринин бири — сөздөрдүн вектордук көрүнүштөрүн куруу, алар көбүнчө андан кийин боло турган тилди иштетүү маселелерин чечүү үчүн колдонулат: тилди вектор ыкмасын тандоо үчүн, маалыматтарды алуу жана башкалар. Вектордук көрүнүштөрдүн жолун тандоо үчүн алардын сапатын баалоо ыкмасы талап кылынат. Стандарттын катарына «окиоштугу» боюнча эксперттик баало бар сөздөр үчүн векторлордун жакындыгын баалоосу кирет. Бул иш кыргыз тили үчүн мындай маалыматтардын биринчи топтомун даярдоого, ошондой эле аларга тиешелүү моделдерди окутууга жана маселелер жыйындысынын алынган сапат бааларынын жардамы менен шайкештигин текшерүүгө арналган.*

**Түйүндүү сөздөр:** табигый тилди иштетүү, тил ресурстары, кыргыз тили, машинада үйрөтүү, бөлүштүрүүчү семантика.

*Одна из важных задач современной прикладной лингвистики — построение векторных представлений слов, которые зачастую затем используются для решения задач обработки языка: определения тональности, извлечения информации и др. Для выбора способа векторных представлений требуется метод оценки их качества. К числу стандартных относится оценка близости векторов для слов, для которых существует экспертная оценка их «сходства». Данная работа посвящена подготовке первого набора таких данных для кыргызского языка, а также обучению соответствующих моделей и проверке адекватности набора задаче с помощью полученных оценок качества.*

**Ключевые слова:** обработка естественного языка, языковые ресурсы, кыргызский язык, машинное обучение, дистрибутивная семантика.

*One of the important tasks of modern applied linguistics is to construct word vector representations (word embeddings), which are commonly employed for solving natural language processing tasks such as sentiment analysis, information extraction, etc. Often, to select a method for generating the respective word embeddings, a quality assessment method is required. Among*

*the standard methods is the evaluation of vector similarity for words with known expert-assessed "similarity". This work is dedicated to preparing the first dataset for the task for the Kyrgyz language, as well as training corresponding models and validating the overall fitness of the dataset for the task using the obtained quality evaluation measures.*

**Keywords:** *natural language processing, language resources, Kyrgyz language, machine learning, distributional semantics.*

**Введение.** Обработка естественного языка (natural language processing) — наука на стыке прикладной лингвистики, искусственного интеллекта, машинного обучения и математической статистики. Современный анализ данных невозможно представить без методов автоматической обработки текстов, так как далеко не всегда ценная информация представлена в структурированном машиночитаемом виде, а зачастую в виде «свободного текста». Несмотря на значительное количество статей, посвящённых вычислительной (компьютерной) лингвистике (в особенности — морфологии, например, [1]), в настоящий момент в обработке кыргызского языка наблюдается дефицит открытых наборов данных и ресурсов разного рода [2], без которых подчас трудно представить дальнейшее развитие области. В частности, отсутствуют наборы данных для работы с семантическими методами, в том числе методами оценки качества векторных представлений слов (word embeddings).

Цель данной статьи — сделать первый шаг к заполнению этого «пробела», а именно представить научному сообществу подготовленный путём перевода первый набор данных, применимый для оценки качества векторных представлений слов кыргызского языка. Для этого требуется описать собственно датасет (пары слов и оценка их «сходства»), методику перевода, подсчёт оценок качества ряда векторных представлений и валидацию адекватности упомянутых оценок задаче. Оценки качества, рассматриваемые далее, — ранговая корреляция Спирмена и коэффициент корреляции Пирсона между исходными оценками сходства пар слов и оценками сходства обучаемых векторных представлений (т. н. «косинусное сходство», т. е. косинус угла между векторами).

Далее в настоящей статье предлагаются краткий обзор ряда методов неконтекстных векторных представлений слов, способов оценки их качества, описание исходного и нового наборов данных (перевода исходного на кыргызский язык), а также стратегий, использованных в ходе перевода. Затем излагаются все параметры проведённых экспериментов, то есть гиперпараметры методов и описательные статистики наборов данных, а также обобщаются полученные результаты. В заключительном разделе обсуждаются возможные недостатки и способы их устранения; также предлагаются возможные шаги к дальнейшему развитию методов векторной семантики для кыргызского языка.

**Построение векторных представлений.** Векторные представления слов, частей слов и текстов — неотъемлемая часть многих методов современной обработки языка. Пожалуй, главное свойство векторных представлений: расстояние (евклидово, косинусное или иные) между векторами тем меньше, чем ближе «по смыслу» соответствующие им слова. В основе большинства подходов, позволяющих получить такие векторы, лежит главная идея дистрибутивной семантики — “You shall know the word by the company it keeps!” («Слово познаётся по соседям») [3,4], то есть, слова, встречающиеся в тексте в одних и тех же «контекстах», имеют ряд общих свойств, не ограничивающихся синтаксическими. Зеллиг Харрис приводит [4] следующий пример: слова “oculist” и “eye-doctor”, будучи точными синонимами, появляются по соседству с одними и теми же словами, например, “eye” или “examined”. В качестве ранних подходов к подготовке векторов, которые построены на основе этой идеи, можно назвать матрицы термов-документов и их матричные разложения, например, LSI [5]; а также матрицы термов-термов (матрица размера «словарь» × «словарь», в которой хранятся частоты соупоминания соответствующих слов в одном контексте, например, в «окне» из 5 подряд идущих слов), например, взвешенные с помощью PMI

(поточечной взаимной информации) — и другие методы, в которых работа с данными сводится к подсчёту большого числа статистик и их преобразования.

В 2013 году значительного улучшения качества векторных представлений удалось достичь предсказательными методами: в работах [6,7] описаны неглубокие нейронные сети word2vec, по небольшому «окну» из соседних слов предсказывающие данное (Continuous Bag-of-Words) или предсказывающие каждое из соседних по данному (Skip-Gram). После обучения на большом корпусе текстов вектор значений, получающийся на скрытом слое нейронной сети для каждого слова, используется как векторное представление. В дальнейшем была предложена модель fastText [8,9], менее зависящая от словаря и метода приведения слов к нормальной форме (что в настоящий момент особенно важно для кыргызского языка, поскольку в открытом доступе нет качественного лемматизатора), так как каждое слово в ходе обучения представлялось как набор символьных подпоследовательностей (N-грамм), а итоговый вектор вычислялся как сумма соответствующих его N-граммам векторов. В дальнейшем было показано, что предиктивный подход word2vec (точнее, его вариант “Skip-Gram with Negative Sampling”), в сущности, выполняет разложение PMI-матрицы термов-термов [10]. Также к числу известных «неконтекстных» (или «статических», что то же) векторных представлений можно отнести методы GloVe [11] (не ограничивается «окном соседей», а учитывает частоты слов в явном виде), dict2vec [12] (метод, использующий определения слов из словарей как данные для обучения) и ряд других. Стоит также сказать, что на основе идеи word2vec был разработан и способ векторного представления документов Paragraph2vec (doc2vec) [13], однако, в настоящий момент существуют более эффективные способы представлений даже для коротких текстов.

С 2013 года обучаемые векторные представления успешно применялись для решения многих задач в автоматической обработке языка в самых разных областях [14,15] и применяются по сей день. В настоящий момент (ориентировочно с конца 2017 года) более эффективны «контекстные» нейросетевые подходы для представления слов, которые строят вектор слова с учётом заданного окружения (например, предложения), на основе рекуррентных нейронных сетей [16] или, в основном, на основе архитектуры “Transformer” [17,18]. Однако для задач, где контекст не предоставлен, и, главным образом, для языков, где подготовленных языковых ресурсов недостаточно для обучения качественной контекстной модели векторных представлений, «неконтекстные» модели имеют большое значение. Кроме того, fastText и word2vec принято использовать и как «базовые» способы представления слов и текстов для сравнения качества с более современными.

**Исходный набор данных.** Набор данных NJ [19] представляет собой набор пар существительных на русском языке, полученный путём перевода известного набора данных WordSim353 [20], а также наборов RG [21] и MC [22] с английского языка. Суждения о сходстве слов в работе [19] были получены заново путём краудсорсинга: волонтерам-разметчикам в специализированном интерфейсе предлагалось оценить 15 случайных пар слов (из 398) по шкале от 0 (вовсе не связаны) до 3 (высокое сходство). С деталями процедуры разметки можно ознакомиться в работе [19]. Всего было получено 4200 оценок по итогам 280 сессий разметки, согласованность в оценках была оценена путём вычисления альфы Криппендорфа, и её значение достигло 0.49. В опубликованном наборе каждая пара сопровождается средней оценкой разметчиков, при этом исходные значения нормированы так, чтобы они находились в интервале [0, 1].

**Перевод на кыргызский язык.** В ходе перевода набора данных NJ авторы настоящей статьи столкнулись с рядом сложностей, из-за которых потребовалось выработать ряд правил, которыми пришлось руководствоваться. Причины сложностей: (1) у слов в любом языке может быть несколько значений, при этом в целевом языке (кыргызском) каждому из значений может соответствовать своё слово (пример: слово «лук» можно перевести как «пияз» (лук как овощ) и как «жаа» (лук как оружие) в зависимости от контекста), (2) зачастую существует более, чем один перевод слова, даже в случаях, когда нет

семантической однозначности, (3) для последующей оценки семантической близости требуется перевести исходное русское слово на кыргызский язык также одним словом, однако, это не всегда возможно. Ниже перечислены правила, к которым пришлось прибегнуть.

По умолчанию для перевода использовался кыргызско-русский словарь К. К. Юдахина [23] (для ускорения перевода использовался веб-интерфейс к словарю, подготовленный создателями сайта <https://el-sozduk.kg/>). При семантической неоднозначности исходного слова (см. выше, пример со словом «лук»), из возможных переводов выбирается наиболее семантически близкий ко второму слову в паре (мотивировано тем, что так наверняка интуитивно размечали исходный набор данных аннотаторы). В случае, когда слово не удаётся найти в словаре К. К. Юдахина, использовались иные источники; предпочтение отдаётся терминологическим и орфографическому словарям [24–26,27,28], затем словарю Э. Д. Асанова [29], затем прочим. В итоговом наборе данных выбранный источник будет указан в комментариях к соответствующему слову пары. Если не удаётся перевести хотя бы одно из слов пары одним словом, вся пара исключается из набора данных. В случаях, когда имелся выбор между переводом, являющимся прямым заимствованием из русского (как правило, тем же исходным словом), и иным, предпочтение отдавалось второму варианту. Если в словаре К. К. Юдахина [23] есть только прямое заимствование, однако, в терминологических словарях и словаре Э. Д. Асанова имеется альтернативный вариант, не противоречащий прочим правилам, использовался он. Перевод имён собственных, отсутствующих в словарях, осуществлялся путём поиска соответствующих статей в Википедии (<https://ky.wikipedia.org/>). В итоге работы получена 361 пара слов, каждой из которых были сопоставлены оценки сходства из набора NJ. Набор данных и программный код экспериментов будут выложены в открытый доступ после публикации работы и, возможно, проведения соревнования по оценке качества векторных представлений. Фрагмент данных представлен в Таблице 1.

Таблица 1 — Пример пар из построенного NJ-Ку-0.1

Слово 1	Слово 2	Сходство
...		
иерусалим	ысрайыл	0.6222
шайман	курал	0.6222
планета	жылдыз	0.6191
өлкө	жаран	0.6191
жолборс	фауна	0.6191
студент	профессор	0.6191
...		
марс	суу	0.0909
азчылык	дүйнө	0.0909
кылым	улут	0.0889
падыша	капуста	0.0889
багуу	архитектура	0.0889
...		

**Векторные представления.** Подготовленный набор имеет особую ценность для оценки неконтекстных представлений, и, чтобы получить предварительные результаты и убедиться в адекватности оценок качества, нами были использованы ранее обученные модели для кыргызского и русского языков; также мы подготовили и обучили модели на основе одного из открытых наборов данных (см. далее).

*Предобученные представления fastText и Compressed fastText.* Вместе с работой [9], в которой излагаются подробности обучения векторов fastText для 157 языков, были

опубликованы собственно модели (векторы), в том числе для русского и кыргызского языков. При их обучении были использованы схема “Continuous Bag-of-Words”, упомянутая выше, ширина «окна» 5, число «отрицательных примеров» (negative samples) было взято равным 10. Размерность векторов же была равна 300. В качестве данных для обучения были выбраны сегменты датасета CommonCrawl.

Полученные таким образом модели очень «тяжеловесны», и использование на мобильных устройствах и портативных компьютерах программного обеспечения, их использующего, затруднено из-за высоких требований к объёму оперативной памяти ЭВМ. Для решения этой проблемы разработаны специализированные методы сжатия, позволяющие уменьшить размер модели без существенных потерь в качестве, к примеру разложение матриц с помощью SVD (сингулярного разложения), квантование (квантизация) векторов [30], «переработка» используемого в fastText хэширования номеров n-грамм (hashing trick) или отбор признаков. Перечисленные методы с возможностью их комбинирования реализованы в том числе в библиотеке avidale/compress-fasttext [31]. С помощью данной библиотеки Liebl Bernhard рассмотренные выше векторы были «сжаты» и опубликованы [32]. Для экспериментов мы использовали соответствующие модели — fasttext-ky-mini для кыргызского и подготовленную автором библиотеки Давидом Дале geowac\_tokens\_sg\_300\_5\_2020-100K-20K-100.bin на основе соответствующей модели [33] для русского.

*Обучение векторных представлений на основе «Лейпцигского корпуса».* Для обучения моделей были использованы данные Лейпцигского собрания корпусов [34], в частности, наиболее крупные из доступных сегменты NewsCrawl (новостные тексты; kir\_newscrawl\_2016\_1M, 1 млн. предложений) и Wiki (Википедия; kir\_wikipedia\_2021\_300K, 300 тыс. предложений; wortschatz.uni-leipzig.de/en/download/Kirghiz/). Предложения, на которые каждый из корпусов был разбит, были токенизированы (разбиты на токены — слова, знаки препинания и т. п.) нами с помощью токенизатора на основе Apertium-Kir [35].

В качестве стеммера был также использован Apertium-Kir: каждый токен сокращался до первой части слова, получаемой морфологической сегментацией с помощью Apertium-Kir. Подобный способ выделения «основы слова» приводит к потерям информации, однако, насколько нам известно, лемматизатора, приводящего слова к базовым формам, т.е. леммам, для кыргызского языка всё ещё не существует.

В качестве первого варианта неконтекстных векторных представлений был рассмотрен упомянутый выше вариант алгоритма word2vec, Skip-gram Negative Sampling, реализованный в библиотеке gensim-4.2.0 [36]. Использовались векторы размерности 100 и 300, размер «окна», равный 5, 5 «отрицательных» примеров (negative samples) на каждый «положительный». Обучение на протяжении 10 эпох («проходов» по всему корпусу).

Далее был рассмотрен вариант обучения векторов fastText на материалах Лейпцигского собрания корпусов. Число эпох также было задано равным 10, размерности векторов 100 и 300, ширина окна — 5; схема обучения — также Skip-Gram Negative Sampling. «Отрицательных» примеров — 10 на каждый «положительный», размеры символьных n-грамм — от 3 до 6 символов подряд. Число «бакетов» для хэширования — 2'000'000.

Отметим, что для собственных моделей мы остановились на варианте Skip-Gram Negative Sampling (SGNS), так как именно он, по замечанию одного из авторов работ по word2vec и fastText [37], подходит для обучения на датасетах сравнительно небольшого объёма и/или с большим количеством редко встречающихся в корпусе слов больше, чем Continuous Bag-of-Words (CBOW). Были выбраны наиболее близкие к «распространённым» в практике гиперпараметры; их автоматический подбор в данной работе не позволил бы сделать выводов об адекватности построенного набора NJ-Ку-0.1

**Результаты.** По итогам подготовки данных и обучения моделей были получены численные оценки качества, представленные в Таблице 2.

Цель настоящей работы — не сравнение моделей, а представление нового набора данных и косвенные проверки его на адекватность обработке кыргызского языка (так как он получен путём перевода). В частности, важно убедиться, что численные показатели (оценки качества) — ожидаемы. Во-первых, несмотря на наличие в наборе пар слов прямых заимствований из русского языка, модели для русского языка, хоть и обучены на куда большем наборе текстов, показали худшие результаты; что является базовым свидетельством, что набор данных в какой-то степени адекватен постановке и специфике задачи. Во-вторых, наше грубое приближение «стемминга» также ухудшает результаты, что тоже ожидаемо, так как оно, в отличие от лемматизации, приводит к потере большей части информации. В случае word2vec после стемминга представления ряда слов и вовсе отсутствуют. В-третьих, word2vec показывает результаты хуже, чем fastText, что также соответствует ожиданиям от работы с текстами на морфологически богатом кыргызском языке. Кроме того, показательно также падение в качестве при переходе от токенизации к стеммингу, так как некоторые слова в усечённой стеммером форме отсутствуют в НЖ-Ку-0.1.

Таблица 2 — Оценки качества, достигнутые с помощью обученных нами и обученных ранее моделей. Здесь **dim** — размерность векторов,  $r_s$  — ранговая корреляция Спирмена,  $\rho$  — корреляция Пирсона. C-fastText — «сжатые» представления fastText

Семейство	Схема	Данные	Предобработка	dim	$r_s$	$\rho$
word2vec	SGNS	Leipzig	ток-ция Apertium	100	0.513	0.458
word2vec	SGNS	Leipzig	ток-ция Apertium	300	0.524	0.472
word2vec	SGNS	Leipzig	стемминг Apertium	100	0.440	0.383
word2vec	SGNS	Leipzig	стемминг Apertium	300	0.448	0.403
fastText	SGNS	Leipzig	ток-ция Apertium	100	0.605	0.572
fastText	SGNS	Leipzig	ток-ция Apertium	300	0.601	0.560
fastText	SGNS	Leipzig	стемминг Apertium	100	0.583	0.571
fastText	SGNS	Leipzig	стемминг Apertium	300	0.588	0.564
fastText	CBOW	CC-Ky [9]	ток-ция Europarl	300	0.557	0.515
C-fastText	CBOW	CC-Ky [9]	ток-ция Europarl	100	0.480	0.457
fastText	CBOW	CC-Ru [9]	ток-ция Europarl	300	0.245	0.302
C-fastText	CBOW	CC-Ru [9]	ток-ция Europarl	100	0.243	0.283

Любопытно, однако, что обученная на CommonCrawl-Ky модель проигрывает в качестве подготовленной нами без какого бы то ни было подбора гиперпараметров модели на основе Лейпцигского корпуса (fastText, SkipGram, Leipzig, 100). Тому может быть несколько объяснений, например, то, что Лейпцигский корпус более «чистый», чем CommonCrawl, в котором использованы собранные из различных интернет-источников тексты, принадлежность которых к кыргызскому языку определялась автоматически. Это, кроме прочего, означает, что: (1) причины следует в дальнейшем проверить на вручную заново размеченном наборе данных; (2) имеет смысл и в будущем обучать модели на текстовых данных на кыргызском языке, так как опубликованная facebook модель (CBOW, CC-Ky, 300,  $r_s = 0.557$ ,  $\rho = 0.515$ ) не является лучшей из доступных.

**Заключение.** В настоящей работе представлен первый набор для оценки качества векторных представлений слов кыргызского языка, полученный путём перевода датасета НЖ. Продемонстрированы также косвенные свидетельства его адекватности задаче: превосходство кыргызских «эмбеддингов» над векторными представлениями для русского языка, снижение качества при обучении на данных, к которым применен стемминг, а также улучшение качества при переходе от word2vec к fastText. На предлагаемом наборе обученные на Лейпцигском корпусе без подбора гиперпараметров векторы fastText продемонстрировали результат лучший, чем векторы, обученные на CommonCrawl [9], что свидетельствует о том, что предел в качестве ещё не достигнут, и дальнейшая работа в обозначенном направлении позволит получить ещё более качественные результаты.



Использование набора данных HJ-Ку-0.1 как «серебряного стандарта» позволит выбирать векторные представления и подбирать на его основе гиперпараметры соответствующих моделей.

В будущем с целью получения более надёжных оценок планируется заново получить для всех пар экспертные оценки от нескольких носителей языка (так как при переводе степень «сходства» слов могла измениться) и расширить этот набор данных новыми парами.

### Список литературы

1. Бакасова, П. С. Алгоритм образования словоформ для автоматизации процедуры пополнения базы данных словаря / П. С. Бакасова, Н.А. Исраилова // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2016. – №2. – С. 23–27.
2. Mirzakhlov, J. *Turkic Interlingua: A Case Study of Machine Translation in Low-resource Languages: MS in Computer Science (M.S.C.S.), thesis* / Mirzakhlov Jamshidbek ; University of South Florida. – Tampa, Florida, 2021. – 39 с.
3. Firth, J. A synopsis of linguistic theory / Firth, J. // *Studies in linguistic analysis*. – 1957. – Special Volume of the Philological Society. – С. 10–32.
4. Harris, Z. S. Distributional structure / Harris, Z. S. // *Word*. 1954. – №10 (2-3). – С.146–162.
5. Deerwester, S. Improving information-retrieval with latent semantic indexing / Dumais, S., Landauer, T., Furnas, G., Beck, L. // *Proceedings of the ASIS annual meeting*. 1988. – №25. – С. 36–40.
6. Efficient estimation of word representations in vector space by Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., Dean, J. : сайт. – Ithaca, NY, 2013. – URL : <https://arxiv.org/abs/1301.3781> (дата обращения: 10.08.2023).
7. Mikolov, T. Distributed representations of words and phrases and their compositionality / Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., Dean, J. // *Proceedings: Advances in neural information processing systems*, 2013. – №26.
8. Bojanowski, P. Enriching word vectors with subword information / Bojanowski, P., Grave, E., Joulin, A., Mikolov, T. // *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2017. – №5. – С. 135–146.
9. Grave, E. Learning word vectors for 157 languages / Grave, E., Bojanowski, P., Gupta, P., Joulin, A., Mikolov, T. // *Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*. – 2018.
10. Levy, O. Neural word embedding as implicit matrix factorization / Levy, O., Goldberg, Y. // *Advances in Neural Information Processing Systems (2014)*. – New York City: Curran Associates, Inc., 2014. – №2. – С. 2177–2185.
11. Pennington, J. Glove: Global vectors for word representation / Pennington, J., Socher, R., Manning, C. D. // *Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP)*, 2014. – С. 1532–1543.
12. Tissier, J. Dict2vec: Learning word embeddings using lexical dictionaries / Tissier, J., Gravier, C., Habrard, A. // *Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. – 2017. – С. 254–263.
13. Le, Q. Distributed representations of sentences and documents / Le, Q., Mikolov, T. // *Proceedings of the International conference on machine learning (2014)*. – Brookline, Massachusetts: PMLR, 2014. – С. 1188–1196.
14. Alekseev, A. Word embeddings for user profiling in online social networks / Alekseev, A., Nikolenko, S. // *Computacion y Sistemas*. – 2017. – №21(2). – С. 203–226.
15. Tutubalina, E. Using semantic analysis of texts for the identification of drugs with similar therapeutic effects / Tutubalina, E., Miftahutdinov, Z. S., Nugmanov, R., Madzhidov, T., Nikolenko, S., Alimova, I., Tropsha, A. // *Russian Chemical Bulletin* – 2017. – №66. – С. 2180–2189.

16. Peters, M. E. Deep contextualized word representations / Peters, M. E., Neumann, M., Iyyer, M., Gardner, M., Clark, C., Lee, K., Zettlemoyer, L. // Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, 2018. – Minneapolis: Association for Computational Linguistics, 2019. — С. 2227–2237.
17. Devlin, J. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding / Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., Toutanova, K. // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. 2019. – New Orleans, Louisiana: Association for Computational Linguistics, 2019. – С. 4171–4186.
18. Vaswani, A. Attention is all you need / Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L. u., Polosukhin, I. // Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems. – New York City: Curran Associates, 2017. – С. 6000-6010.
19. Панченко, А. RUSSE: семинар по оценке семантической близости для русского языка / А. Панченко, Н.В. Лукашевич, Д. Усталов, Д. Паперно, К.М. Мейер, Н. Константинова // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» (Москва, 27—30 мая 2015 г.) – Москва: Изд-во РГГУ, 2015. – С. 2130.
20. Agirre, E. A study on similarity and relatedness using distributional and wordnet-based approaches/ Agirre, E., Alfonseca, E., Hall, K., Kravalova, J., Pasca, M., Soroa A. // Proceedings of the 2009 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. – Boulder, Colorado: Association for Computational Linguistics, 2009. – С. 1927.
21. Contextual correlates of synonymy / Rubenstein, H., Goodenough, J. B. // Communications of the ACM : сб. науч. тр. – New York City: Association for Computing Machinery, 1965. – №8(10). – С. 627–633.
22. Contextual correlates of semantic similarity / Miller, G. A., Charles, W. G. // Language and cognitive processes : сб. науч. тр. – Oxfordshire: Taylor & Francis, 1991. – №6(1). – С. 1–28.
23. Юдахин, К. К. Русско-киргизский словарь. – Москва: Советская энциклопедия, 1965. – 503+475 с.
24. Айдарбекова, Ч. А. Русско-кыргызский словарь юридических терминов / Ч.А.Айдарбекова. – Бишкек: Учкун, 2005. – 810 с.
25. Русско-кыргызский терминологический словарь : сайт. – Бишкек, 2007. – URL: <https://el-sozduk.kg/slovari/russko-kyrgyz-terminologicheskiiy-slovar/> (дата обращения: 10.08.2023).
26. Русско-кыргызский словарь юридических терминов и иных понятий (Юридикалык атоолордун жана башка түшүнүктөрдүн орусча-кыргызча сөздүгү) / под общей редакцией Комитета по образованию, науке, культуре и спорту Жогорку Кенеша Кыргызской Республики. – Бишкек: Турар, 2014. – 536 с. – ISBN 978-9967-15-335-6.
27. Карасаев, Х. К. Кыргыз тилинин орфографиялык сөздүгү : словарь /Х.К. Карасаев. – Бишкек: Мамл. тил ж-а энциклопедия борбору, 2009. – 640 с. – ISBN 978–9967–14–067–7.
28. Абдиев, Т. Англо-кыргызский словарь (Англисче-кыргызча сөздүк) : словарь /Т. Абдиев, Л. Сыдыкова. – Бишкек: «Avrasya Press» басмасы, 2015. 384 с. ISBN 9967-23-904-2.
29. Русско-киргизский словарь Э. Асанова (Asanov, E., Suchelenskiy N.) : сайт. – Кыргызстан, 2018. – URL: <https://el-sozduk.kg/slovari/rus-kyrgyz-slovar-asanov/> (дата обращения: 10.08.2023).
30. Product quantization for nearest neighbor search. / Jegou, H., Douze, M., Schmid, C. // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence : сб. науч. тр. – Washington, IEEE Computer Society, 2010. – №33(1). – С. 117–128.
31. Github: compress-fasttext: Tools for shrinking fasttext models (in gensim format, by D. Dale) : сайт. – США, 2020. – URL : <https://github.com/avidale/compress-fasttext> (дата обращения: 10.07.2023).

32. Zenodo: Compressed fasttext embeddings (by Bernhard, L.): сайт. – Швейцария, 2021. – URL : <https://zenodo.org/record/4905385> (дата обращения: 10.08.2023).
33. Kutuzov, A. WebVectors: A Toolkit for Building Web Interfaces for Vector Semantic Models / Kutuzov, A., Kuzmenko, E. // Proceedings of “Analysis of Images, Social Networks and Texts: 5th International Conference” (AIST 2016, Yekaterinburg, Russia, April 7-9, 2016), Revised Selected Papers 5.– New York City: Springer International Publishing, Cham, 2017. – С. 155-161.
34. Goldhahn, D. Building large monolingual dictionaries at the Leipzig Corpora Collection: From 100 to 200 languages / Goldhahn, D., Eckart, T., Quasthoff, U. // Proceedings of the Eighth international conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2012). – Istanbul: The European Language Resources Association (ELRA), 2012. – С. 31–43.
35. Washington, J. N. A finite-state morphological transducer for Kyrgyz / Washington, J. N., Ipasov, M., Tyers, F. M. // Proceedings of the Eighth international conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2012). – Istanbul: The European Language Resources Association (ELRA), 2012. – С. 934–940.
36. Řehůřek, R. Software Framework for Topic Modelling with Large Corpora / Řehůřek, R., Sojka, P. // Proceedings of LREC 2010 Workshop on New Challenges for NLP Frameworks, 2010. – Malta: The European Language Resources Association (ELRA), 2010. – С. 45–50.
37. Google Groups: word2vec-toolkit : сайт. – США, 2013. – URL : <https://groups.google.com/g/word2vec-toolkit/c/NLvYXU99cAM/m/E5ld8LcDxlAJ>

**З.К.Абдимуталипова<sup>1</sup>, А.Ы.Курбаналиев<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Ош мамлекеттик университети, Ош, Кыргыз Республикасы

<sup>1,2</sup>Ошский государственный университет, Ош, Кыргызская Республика

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7425-5506

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-9204-8479

**Z.K.Abdimutalipova<sup>1</sup>, A.Y.Kurbanaliev<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic

e-mail: 1986zeinura@gmail.com, kurbanaliev@rambler.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕСПИРАТОРНЫХ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ В ПАКЕТЕ OPENFOAM

### OPENFOAM ПАКЕТИНИН ЖАРДАМЫНДА РЕСПИРАТОРДУК ВИРУСТУК ИНФЕКЦИЯНЫН ТАРАЛУУСУН МОДЕЛДЕШТИРҮҮ

#### MODELING THE SPREAD OF RESPIRATORY VIRAL INFECTIONS IN THE OPENFOAM PACKAGE

*Бул иште OpenFOAM пакетинде респиратордук инфекциялардын таралышын сандык моделдөө жүргүзүлгөн. Жугуштуу вирустар жөтөлгөндө жана чүчкүргөндө шилекей аркылуу тарай тургандыгы белгилүү. Ошондуктан, инфекцияны көзөмөлдөө боюнча бул иште комплекстүү толук бириктирилген Лагранж ыкмасы колдонулду, бул респиратордук оорулардын жугуу механизмдерин тереңирээк түшүнүүгө, ошондой эле OpenFOAM пакетинин жардамы менен алардын траекториясына көз салууга алып келди. Эки турган адамдын ортосундагы дем чыгарган тамчылардын инсандар аралык таасирин моделдөө маселеси OpenFOAM пакетинин DPMfoam чечүүчүсүн колдонуу менен эсептөө суюктугунун динамикасынын методдору менен каралат. Сандык эсептөөлөрдүн натыйжалары коопсуз аралык 1.5 м кем эмес болушу керек экенин көрсөтүп турат. Мындай таасир алыстыкка, нымдуулукка, желдетүүгө жана дем алуу ыкмаларына жараша болот.*

*Түйүндүү сөздөр: CFD, DPMfoam чечүүчү, OpenFOAM пакети, Лагранж ыкмасы, COVID-19.*

*В данной работе было проведено численное моделирование распространения респираторных инфекций в пакете OpenFOAM. Известно, что инфекционные вирусы распространяются через слюну при кашли и чихании. Поэтому в этой работе для инфекционного контроля был применен комплексный полностью связанный метод Лагранжа, что привело к более глубокому пониманию механизмов передачи респираторные болезни, а также отслеживания их траектории с использованием пакета OpenFOAM. Методами вычислительной гидродинамики с использованием решателя DPMfoam пакета OpenFOAM рассмотрено задача моделирования межличностного воздействия выдыхаемых капель между двумя стоящими людьми. Результаты численных расчетов показывает что, безопасное расстояние должно быть не менее 1.5м. Такое воздействие зависит от расстояния, влажности, режима вентиляции и дыхания.*

*Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, решатель DPMfoam, пакет OpenFOAM, метод Лагранжа, COVID-19.*

*Abstract. In this work, numerical modeling of the spread of respiratory infections was carried out in the OpenFOAM package. Infectious viruses are known to spread through saliva through coughs and sneezes. Therefore, in this work for infection control, a complex fully coupled*

*Lagrange method was applied, which led to a deeper understanding of the mechanisms of transmission of respiratory diseases, as well as tracking their trajectory using the OpenFOAM package. The problem of modeling the interpersonal impact of exhaled drops between two standing people is considered by methods of computational fluid dynamics using the DPMfoam solver of the OpenFOAM package. The results of numerical calculations show that the safe distance should be at least 1.5m. Such exposure depends on distance, humidity, ventilation and breathing patterns.*

**Key words:** *CFD, DPMfoam solver, OpenFOAM package, Lagrange method, COVID-19.*

**Введение.** В конце 2019 года в Ухане, Китай, началась вспышка вируса COVID-19. В результате чего мир за короткое время столкнулся со значительной эпидемией, связанной с вирусной инфекцией, которая привела к острому респираторному синдрому, который может закончиться летальным исходом [1]. 18 марта 2020 года в Республике Кыргызстан был зарегистрирован первый случай заражения новой коронавирусной инфекцией. Принимая во внимание эскалацию заболевания и ограниченный эффект от первоначально принятых мер, 22 марта 2020 года на всей территории страны было объявлено чрезвычайное положение. На всей территории страны были введены комплексные противоэпидемические меры (например, изоляция всей страны). Значительное число инфекционных заболеваний, таких как коронавирус, тяжелый острый респираторный синдром, и грипп, передаются среди людей микрокапельным и воздушно-капельными путями, угрожая их жизни. Понимание распространения вирусов является важным вопросом для проведения профилактических мер, таких как социальное дистанцирование, вентиляция помещений и ношение масок. Респираторные инфекционные заболевания могут передаваться через прямой контакт с выбрасываемыми микрокаплями [2] или косвенно, когда микрокапли оседают на поверхность [3]. В работе [3] пришли к выводу, что вирус гриппа может передаваться воздушно-капельным путем при разговоре или даже при дыхании.

В данной работе с использованием решателя DPMfoam пакета OpenFOAM[4] мы смоделировали размер, скорость и пространственное распределение выбрасываемой микрокапли при чихании и кашле. Эти данные полезны для эффективной профилактики инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным и воздушно-капельным путем, в частности, коронавируса (COVID-19), путем выявления процессов передачи в различных местах, например, в больницах.

**Целью** настоящей работы заключается в численном моделировании распространения респираторных инфекций в пакете OpenFOAM.

**Постановка задачи.** В данной работе рассмотрено математическое моделирование межличностное воздействие выдыхаемых капель между двумя стоящими человека. Схема моделируемой задачи и условия на границах расчетной области, без сохранения масштаба, приведены на рисунке 1.

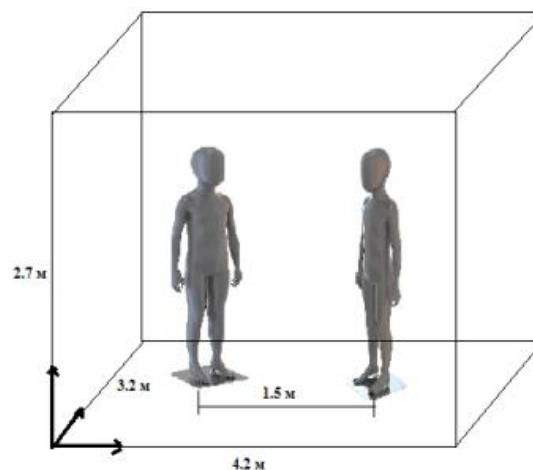


Рис. 1. Геометрия задачи и оси координат

Эксперимент был проведен в полномасштабной тестовой комнате размером длина 4.2м, ширина 3.2 м, высота 2.7 м. Два дышащих человека стояли лицом к лицу симметрично на разном расстоянии. Человек с правой стороны представлял исходного пациента, а другой человек левой стороны представлял восприимчивого человека.

**Математическая модель.** Уравнения переноса массы и импульса в жидкой фазе могут быть просто описаны усредненными по Рейнольдсу уравнениями Навье-Стокса (RANS). В уравнениях RANS напряжения Рейнольдса обычно моделируются с использованием метода турбулентной вязкости[5]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \bar{u}_j)}{\partial x_j} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u}_j)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\sigma}_{ij}}{\partial x_j} - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + S \tag{2}$$

$S$  используется для обозначения других сил, таких как поверхностное натяжение и сила тяжести, которые действуют на жидкость. Подсеточный (SGS) тензор напряжений( $\tau_{ij}$ ) моделируется с использованием подхода турбулентной вязкости,

$$\tau_{ij} \approx \rho(\overline{u_i u_j} - \bar{u}_i \bar{u}_j) \tau_{ij} = \frac{2}{3} \bar{\rho} k - 2 \mu_k \bar{S}_{ij} \tag{3}$$

$$\bar{S}_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \tag{4}$$

Здесь  $S_{ij}$  определяется как тензор скорости деформации для разрешенного масштаба. В настоящей работе мы использовали «модель турбулентной вязкости с одним уравнением» в подсеточном масштабе (SGS). Чтобы получить турбулентную кинетическую энергию  $k$  решается следующим образом:

$$\partial(\bar{\rho} k) + \nabla(\bar{\rho} k u) = -\tau_{ij} \bar{S}_{ij} + \nabla(\mu_k \nabla k) + \bar{\rho} \varepsilon \tag{5}$$

$$\varepsilon = c_\varepsilon k^{3/2} / \Delta \tag{6}$$

Турбулентная вязкость  $\mu_k$ , рассчитывается по формуле

$$\mu_k = c_k \bar{\rho} \Delta \sqrt{k} \tag{7}$$

**Численная модель.** Дискретизация расчетной области произведена методом контрольных объемов [5, 6].

DPMfoam – это переходный решатель для связанного переноса одного кинематического облака частиц включая влияние объемной доли частиц на непрерывную фазу.

Схемы второго порядка используются при дискретизации уравнений импульса и неразрывности. Связь давление-скорость осуществляется с помощью алгоритма SIMPLE. Дискретные уравнения решаются с помощью геометрического алгебраического многосеточного метода (GAMG) в сочетании с решателем Гаусса-Зейделя. Полученная в результате дискретизации уравнений (1-4) система линейных алгебраических уравнений решена при помощи известного алгоритма SIMPLE с применением метода нижней релаксации [5, 6]. Сведения о примененных в данной работе граничных условиях, методах дискретизации систем уравнений (1-4) и решения систем линейных алгебраических уравнений приведены в табл. 1, табл. 2 и табл. 3 соответственно.

Таблица 1 - Использованные граничные условия.

Переменная	Скорость, м/с	Давление, Па	Температура, К
Граница			
Боковые стенка	fixedValue; (0, 0, 0)	zeroGradient	zeroGradient
Атмосфера	pressureInlet OutletVelocity;	fixedValue; uniform 0;	zeroGradient
Нижний стенка	fixedValue; (0, 0, 0)	zeroGradient	zeroGradient
Тела	fixedValue; (0, 0, 0)	zeroGradient	zeroGradient
Рот 1	codedfixedValue; (0, 0, 0)	zeroGradient	fixedValue; uniform 311;
Рот 2	codedfixedValue; (0, 0, 0)	zeroGradient	fixedValue; uniform 311;

Таблица 2 - Использованные схемы дискретизации.

Слагаемое	Схема	Порядок точности схемы
Первая производная по времени	Euler	Первый
Градиент	default Gauss linear	Второй
Дивергенция	Gauss Linear UpwindV grad(U);	Второй
Лапласиан	Gauss linear corrected;	Второй
Интерполяция	linear	Первый

Таблица 3 - Решатели уравнений для основных переменных.

Переменная	Решатель	Точность
Давления	PCG решатель с использованием сглаживателя GaussSeidel	1e-6
U, h, k, ε, omega	PBiCGStab решатель с использованием сглаживателя symGaussSeidel	1e-6

**Полученные результаты и обсуждение.** Наше численное исследование показало, как микрокапли слюны при кашле и чихании могут рассеиваться в турбулентных облаках точно так же, как и в реальных условиях. Межличностное воздействие выдыхаемых капель между двумя стоящими манекенами было моделировано с использованием пакета Paraview [7] в разные моменты времени. Показано, что такое воздействие зависит от расстояния, влажности, режима вентиляции и дыхания. Результаты моделирования показывают, что, хотя вентиляция помогает уменьшить количество загрязненного воздуха, она может привести к распространению переносимого по воздуху вируса на большее пространство. На рисунке 2 показано визуализация результатов расчета в рамках пакета OpenFOAM. Бимодальное распределение размеров, поскольку более мелкие капли дольше остаются в одном и том же месте и падают гораздо медленнее по сравнению с более крупными каплями.



Результаты численных расчетов показывает что, безопасное расстояние должно быть не менее 1.5м. Такое воздействие зависит от расстояния, влажности, режима вентиляции и дыхания.

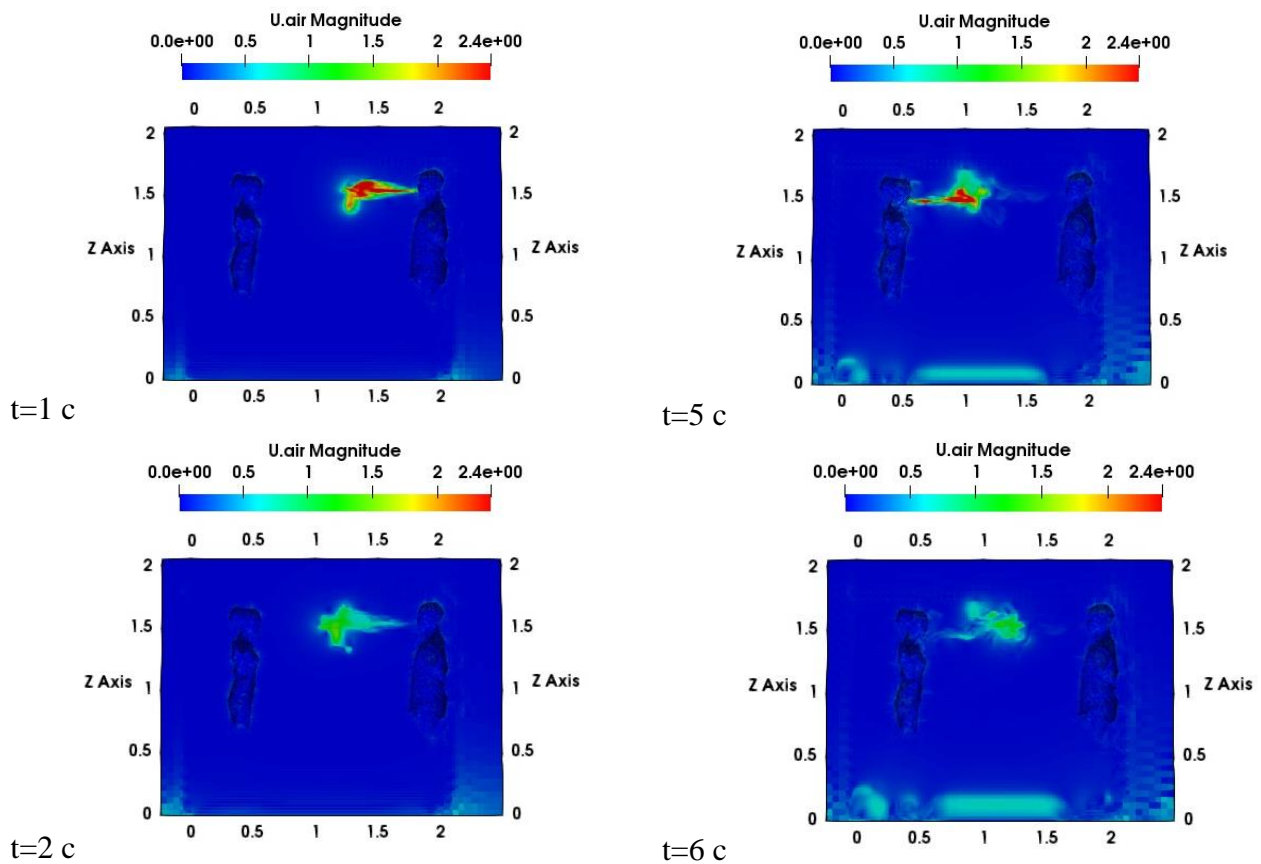


Рис. 2. Визуализация результатов расчета

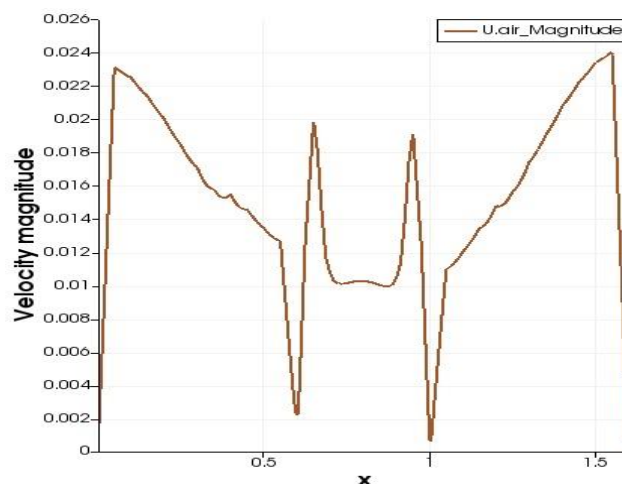


Рис. 3. Распределения средних модулей скоростей, полученные при различных расстояниях

**Выводы.** Межличностное воздействие выдыхаемых капель между двумя манекенами было исследовано с использованием решателя DPMfoam пакета OpenFOAM вычислительной гидродинамики. Результаты численных расчетов показывает что, безопасное расстояние должно быть не менее 1.5м. Такое воздействие зависит от расстояния, влажности, режима

вентиляции и дыхания. Был выявлен эффект близости, т.е. существует существенное увеличение воздействия капель, выдыхаемых пациентом-источником, когда восприимчивый человек находится рядом с пациентом-источником в пределах 1-1.5м при конкретном наборе изучаемых условий.

### Список литературы

1. Sun, G.Q. COVID-19 Transmission Dynamics in Wuhan, China: Lockdown Impacts and Medical Resources/ Wang SF, Li MT, Li L, Zhang J, Zhang W, Feng G.L. Nonlinear dynam. –2020.– 101(3): – pp.1981–1993.
2. Leder, K., Newman, D., "Respiratory infections during air travel", Internal Med. J. 35(1), –2005.–pp. 50–55.
3. Chao, C.Y.H. Transportation and disposal of exhaled droplets in a hospital room setting/ Chao, C.Y.H, Wan, MP, Aerosol Sci. Technol. –2008. 42(5). –377–394.
4. OpenFOAM. The OpenFOAM Foundation. <https://openfoam.org/download/7-ubuntu/>.
5. Ferziger J. H. Computational Methods for Fluid Dynamics/ Ferziger J. H., Peric M. – Berlin: SpringerVer-lag, 2002. –423p.
6. Патанкар, С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с. англ./С.В.Патанкар. – Москва: Энергоатомиздат,1984. – 152с.
7. Paraview. <https://www.paraview.org/>. Accessdata05.01.2022.

**Асан уулу Аскат**

И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
ORCID: 0000-0002-0114-5311

**Asan uulu Askat**

I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e-mail: asanaskat@kstu.kg

## МНОГОСЛОЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

### АБАДАГЫ ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫК РАЗРЯДДЫН ЖЫШТЫГЫН АНАЛИЗДӨӨ ҮЧҮН КӨП КАТМАРЛУУ НЕЙРОН ТАРМАГЫ

#### MULTILAYER NEURAL NETWORK FOR FREQUENCY ANALYSIS OF ELECTROSTATIC DISCHARGE IN AIR

*Абадагы электростатикалык разряддын электромагниттик талааларынын жыштык спектрин чыгаруу нурлануучу талаалардын потенциалдуу теңдемелерин колдонуу менен аткарылган. Жасалма нейрон тармактарынын жардамы менен абанын ЭСРинин спектралдык мүнөздөмөлөрү изилденген. Ар кандай разряддык чыңалууларда амплитудалык жана кубаттуулук спектри салыштырылып, абанын ЭСР энергиясы төмөнкү жыштыктуу аймакта үстөмдүк кыла тургандыгы көрсөтүлгөн. Абадагы ЭСР спектрин изилдөө ЭСРды алдын алуу технологиясына маалымдама жана колдонмо катары кызмат кыла алат.*

**Түйүндүү сөздөр:** электростатикалык разряд, потенциалдык теңдеме, тез Фурье өзгөрүүсү, жыштык спектри, нейрон тармагы.

*Выражения частотного спектра излучаемых полей ЭСР были получены в аналитической форме с помощью потенциальных уравнений излучаемых полей. Спектральные характеристики ЭСР воздуха исследовались с применением искусственных нейронных сетей. Сравнивались амплитуда и спектр мощности при различных напряжениях разряда и показано, что энергия ЭСР воздуха преобладает в области низких частот. Исследование спектра ЭСР в воздухе может служить справочным материалом и руководством по технологии предотвращения электростатического разряда.*

**Ключевые слова:** электростатический разряд, потенциальное уравнение, быстрое преобразование Фурье, частотный спектр, нейронная сеть.

*The derivation of the frequency spectrum of electromagnetic fields of electrostatic discharge (ESD) in the air was performed using the potential equations of radiated fields. The spectral characteristics of the air ESR were studied using artificial neural networks. The amplitude and power spectrum were compared at different discharge voltages, and it was shown that the air ESR energy dominates in the low-frequency region. A study of the ESD spectrum in air can serve as a reference and guide to ESD prevention technology.*

**Key words:** electrostatic discharge, potential equation, fast Fourier transform, frequency spectrum, neural network.

Традиционно формы сигналов ЭСР и электромагнитные поля, излучаемые ЭСР, исследовались во временной области, и в настоящее время имеется ряд работ по этому вопросу в частотной области [1,2]. Показано, что характеристики частотной области обеспечивают стандартизированные и легко интерпретируемые формы сигналов ЭСР,

которые следует рассматривать в сочетании с традиционными параметрами временной области [3]. В работе [3] выведено выражение спектра электромагнитных полей ЭСР с потенциальными уравнениями излучаемых полей и исследованы спектральные характеристики ЭСР воздуха в частотной области.

Решаем задачу электромагнитного поля ЭСР в воздухе, которое вызвано дугой. Уилсон П.Ф. [4] представил модель электромагнитного поля диполя ЭСР в 1991 году. Согласно этой модели, дуга ЭСР может быть упрощена до небольшого линейного диполя с изменяющимся во времени электрическим напряжением над бесконечной проводящей заземленной плоскостью. С точки зрения принципа изображения электростатические поля верхнего полупространства над плоскостью обусловлены вместе дипольным и зеркально-дипольным. Модель диполя Вильсона в цилиндрической системе координат представлена на рис. 1. [4].

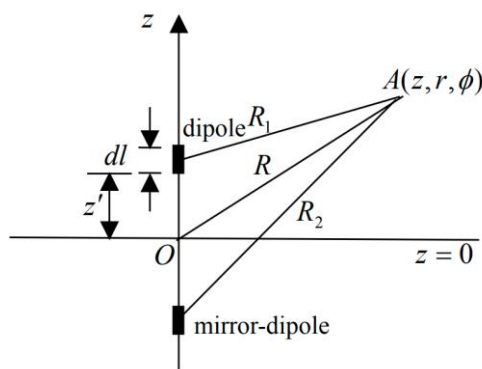


Рис. 1. Модель диполя Вильсона

Установим плотность заряда и тока в объеме диполя  $V'$  как  $\rho(r, t)$  и  $J(r, t)$ , соответственно. Применим преобразование Фурье к  $J(r, t)$  получаем

$$J(j\omega, r) = \int_{-\infty}^{\infty} J(r, t) e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

Теперь введем масштаб и вектор отложенных потенциалов

$$\phi(r, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{V'} \frac{\rho(r', t - R/c)}{R} dv' \quad (2)$$

$$A(r, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{J(r', t - R/c)}{R} dv' \quad (3)$$

Где,  $r$  – точка наблюдения,  $r'$  – является исходной точкой,  $R$  – расстояние между точкой  $r$  и точкой  $r'$ ,  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость,  $\mu_0$  – скорость магнитной проводимости,  $c$  – скорость света.

Применив преобразование Фурье к  $A(r, t)$

$$A(j\omega, r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J(r', t - R/c)}{R} dv' \right] e^{-j\omega t} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{1}{R} dv' \int_{-\infty}^{\infty} J(r', t - R/c) e^{-j\omega t} dt \quad (4)$$

С учетом свойства задержки преобразования Фурье и уравнений (1) и (2) уравнение (4) принимает вид

$$A(j\omega, r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \int_{V'} \frac{J(r', t - R/c)}{R} dv' \right] e^{-j\omega t} dt = \frac{\mu_0}{4\pi} e^{-j\omega \frac{R}{c}} J(j\omega, r) \cdot \int_{V'} \frac{1}{R} dv' = \frac{\mu_0}{4\pi} e^{-j\omega \frac{R}{c}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} J(r', t) e^{-j\omega t} dt \cdot \int_{V'} \frac{1}{R} dv' = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\omega(t + \frac{R}{c})} dt \cdot \int_{V'} \frac{J(r, t)}{R} dv' \quad (5)$$

Магнитное поле и электрическое поле вызваны токовым диполем и зеркальным диполем, поэтому распределение объемной плотности тока можно упростить как линейное распределение тока  $i(t)$  в диполе, а объемный интеграл также может быть эквивалентен линейному интегралу с длиной диполя  $dl$ . Обращаясь к рис. 1 мы можем получить

$$\int_{V'} \frac{J(r,t)}{R} dv' = \sum_{j=1}^2 \frac{i(t)}{R_j} dl \cdot e \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5) можно рассчитать как

$$A(j\omega, r) = \frac{\mu_0 dl}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^2 e^{-j\omega(t+\frac{R}{c})} \cdot \frac{i(t)}{R_j} e_z dt \quad (7)$$

Теперь мы можем получить спектр магнитного поля

$$H(j\omega, r) = \frac{1}{\mu_0} \cdot \nabla \times A(j\omega, r) = \frac{dl}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^2 \left[ \nabla \times \frac{i(t)}{R_j} e_z \right] \cdot e^{-j\omega(t+\frac{R}{c})} dt \quad (8)$$

Поскольку дуга находится очень близко к поверхности проводника, расстояние между диполем и зеркальным диполем при реальном расчете можно считать равным нулю, т. е.  $z' = 0$ , и  $R_j = R = (z^2 + r^2)^{1/2}$ . Если известны ток ЭСР, длина дуги и точка наблюдения, можно рассчитать спектр излучаемого ЭСР магнитного поля. Аналитическое выражение, такое как четыре показателя степени [4, 5], функция Гаусса [6] и т. д., для тока электростатического разряда можно использовать или применять измеренные данные для анализа спектра. Анализ быстрого преобразования Фурье (БПФ) легко реализовать, если имеются данные измерений.

По той же причине выражение спектра электрического поля может быть получено с помощью масштабных и векторных отложенных потенциалов и соответствующей калибровки. Его также можно рассчитать с помощью

$$E(j\omega, r) = -c\mu_0 n \times H(j\omega, r) \quad (9)$$

**Нейронная сеть.** Нейронная сеть — это один из методов искусственного интеллекта.

Это инструмент моделирования данных, способный представлять сложные отношения ввода/вывода. ИНС обычно состоит из набора обрабатывающих элементов, называемых нейронами, которые взаимодействуют, отправляя сигналы друг другу по взвешенным соединениям. Веса соединений, которые можно определять адаптивно, определяют точное представление знаний. Обычно заранее указать веса соединения невозможно, так как знания распространяются по сети. Следовательно, необходима процедура обучения, в которой силы связей изменяются для достижения желаемой формы функции активации.

Чаще всего для обучения искусственной нейронной сети используется группа входных/выходных пар данных, которые являются примерами отображения, которое сеть должна обучить вычислениям. Процедуру обучения можно рассматривать как подгонку функции, и поэтому о ее эффективности можно судить по тому, может ли сеть обучиться требуемой функции за период, представленный обучающей группой, и насколько далеко сеть может успешно обобщаться вдали от заданной. указывает на то, что он был обучен.

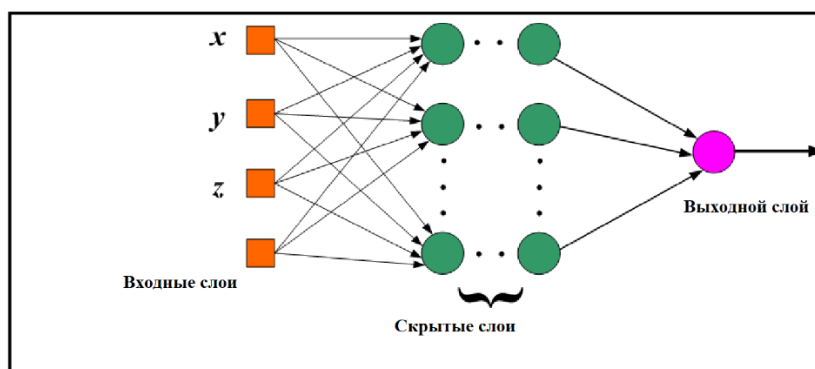


Рис. 2. Схема многослойной - нейронной сети с прямой связью

На рис. 2 показана схема многослойной -нейронной сети с прямой связью. Нейроны в сети можно разделить на три слоя: входной слой, выходной слой и скрытые слои. Алгоритм обучения с обратным распространением является наиболее часто используемым методом обучения сетей.

Важно отметить, что сетевые сигналы с прямой связью могут распространяться от входного слоя к выходному слою только через скрытые слои. Каждый нейрон выходного слоя получает сигнал от всех входных через нейроны скрытого слоя по связям с модифицируемыми весами. Нейронная сеть может идентифицировать векторы входных шаблонов после того, как веса соединений будут скорректированы посредством процесса обучения [10]. Входные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Средние значения параметров для различных уровней напряжения разряда

<b>Уровень разрядного напряжения (кВ)</b>	2	4	6	8	10	12	15	18	20
<b>Ток, пиковое значение (А)</b>	4,82	8,34	12,37	15,84	19,64	22,76	27,20	31,13	35,74
<b>Наведенное напряжение, от пика до пика (В)</b>	1,406	1,008	0,804	0,683	1,089	0,497	0,573	0,611	2,025
<b>Уровень разрядного напряжения (кВ)</b>	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-15	-18	-20
<b>Ток, пиковое значение (А)</b>	-4,79	-8,66	-12,63	-16,92	-20,37	-21,81	-28,54	-30,42	-35,88
<b>Наведенное напряжение, от пика до пика (В)</b>	1,207	0,705	0,965	1,169	0,798	0,521	0,817	0,614	0,616

ИНС может идентифицировать векторы входных шаблонов после того, как веса соединений будут скорректированы посредством процесса обучения. Алгоритм обучения с обратным распространением является наиболее популярным методом обучения ИНС и используется здесь. Этот алгоритм обучения представлен ниже вкратце.

В этом исследовании используются две разные функции производительности «Среднеквадратическая ошибка» (MSE) и «Оценки максимального правдоподобия» (М-оценка Коши): Нейронные сети с прямой связью обычно обучаются с помощью алгоритма обучения обратного распространения, основанного на среднеквадратичной ошибке MSE для набора обучающих данных. Использование MSE в моделировании данных широко известно как метод LMS наименьших средних квадратов. Основная идея LMS состоит в том, чтобы оптимизировать соответствие модели обучающим данным путем минимизации квадрата невязок. Среднеквадратическая ошибка MSE является предпочтительной мерой во многих методах моделирования данных. Традиция и простота вычислений объясняют популярность MSE [11].

М-оценки приобрели популярность в сообществе нейронных сетей. Термин М-оценка обозначает широкий класс оценок типа максимального правдоподобия, которые играют важную роль в надежной статистике. В последнее время многие исследования использовали М-оценки в качестве функции производительности, чтобы усилить процесс обучения НС. М-оценки используют некоторые функции стоимости, которые увеличиваются меньше, чем у оценок наименьших квадратов, когда невязка отклоняется от нуля. Когда остаточная ошибка превышает пороговое значение, М-оценка вместо этого подавляет ответ. Следовательно, функция производительности на основе М-оценки более устойчива к наличию выбросов, чем функция производительности на основе MSE [12].

В данной работе использовалась структура многослойной нейронной сети с прямой связью. Сигмоидальная функция (касательная сигмоидальная) была выбрана в качестве

функции активации для всех нейронов в скрытых слоях, а функция активации «чистая линия» была выбрана в качестве функции активации для нейрона в выходном слое. Алгоритмы обучения с обратным распространением, такие как «Левенберг-Марквардт» и «Байесовское регулирование», использовались в этом исследовании из-за их высокой скорости и точности. Там, где у нас уже есть шаблоны обучения ввода/вывода для исследуемого изолятора, был рассмотрен режим обучения с учителем.

Поскольку входные и выходные переменные ИНС имеют разные диапазоны, подача исходных данных в сеть приводит к проблеме сходимости. Очевидно, что выход ИНС должен попадать в интервал от (0 до 1).

Кроме того, входные сигналы должны быть небольшими, чтобы избежать эффекта насыщения сигмовидной функции. Итак, паттерны ввода-вывода нормализуются перед обучением сети. Нормирование по максимальному значению осуществляется путем деления входных-выходных переменных на максимальное значение компонент входного и выходного векторов. Набор инструментов нейронной сети MATLAB использовался для обучения определенных моделей нейронной сети [15]. Шестьсот значений каждого входных и выходных данных (наборов данных) использовались для обучения и проверки моделей нейронных сетей.

Количество единиц в каждом скрытом слое определяется экспериментально путем изучения поведения сети в процессе обучения с учетом некоторых факторов, таких как скорость сходимости и критерии ошибок. Процесс обучения повторялся до тех пор, пока эффективность обучения не достигала цели 10<sup>-5</sup> или максимальное количество эпох, которое было установлено в 10 000, было выполнено.

Таблица 2 - Обучающие данные модели Левенберга-Марквардта

№	Состав	Среднеквадратическая ошибка			М-оценка Коши		
		Эпохи	СКО	Производительность	Эпохи	СКО	Производительность
1	4/7/9/1	10 000	0,0272	7.4171e-004	10 000	0,0161	5.6511e-005
2	4/7/9/12/1	9 212	0,0371	0,0014	7450	0,0097	2.0494e-005
3	4/7/9/14/1	10 000	0,0062	3.8285e-005	10 000	0,0261	1.4819e-004
4	4/7/9/16/1	10 000	0,0804	0,0065	10 000	0,0269	1.5744e-004
5	4/7/9/17/1	10 000	0,2318	0,0537	10 000	0,0202	8.8260e-005
6	4/7/9/18/1	10 000	0,0494	0,0024	10 000	0,0157	5.3226e-005

Таблица 3 - Данные обучения ИНС с Байесовским регулированием

№	Состав	Среднеквадратическая ошибка			М-оценка Коши		
		Эпохи	СКО	Производительность	Эпохи	СКО	Производительность
7	4/7/9/1	577	0,0180	3.2460e-004	152	0,0167	6.0245e-005
8	4/7/9/12/1	1491	0,0134	1.7955e-004	578	0,0096	2.0017e-005
9	4/7/9/14/1	3239	0,0166	2.7658e-004	697	0,0113	2.7542e-005
10	4/7/9/15/1	1049	0,0236	5.5718e-004	380	0,00972	2.0494e-005
11	4/7/9/17/1	3725	0,0164	2.6930e-004	254	0,0212	9.7308e-005
12	4/7/9/19/1	3557	0,0182	3.3012e-004	303	0,0163	5.7889e-005

В таблицах 2 и 3 представлены данные обучения 12 лучших разработанных моделей ИНС, которые продемонстрировали наилучшие обобщающие способности среди всех других разработанных. Эффективность двух разных правил обучения Левенберга-Марквардта и байесовского регулирования с двумя функциями производительности представлена в таблицах 2 и 3 соответственно, где сеть определяется количеством входов, количеством нейронов в первом скрытом слое, количеством скрытых нейронов во втором слое, количеством скрытых нейронов в третьем слое и количеством выходных нейронов. ( $P_{er}$ ) и ошибка теста (среднеквадратичная ошибка между фактическим выходом и желаемым

выходом или *RMSE*) представлены в таблицах 2, 3 для различных алгоритмов обучения с двумя разными функциями производительности.

**Результаты моделирования. Спектральный анализ.** Теперь приведем пример расчета спектра магнитного поля по уравнению (8) и приведенным выше данным с применением искусственной нейронной сети.

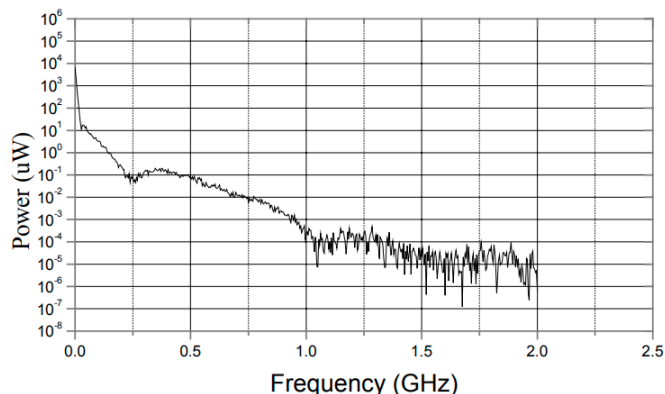


Рис. 3 Расчетный спектр магнитного поля при разрядном напряжении 4 кВ

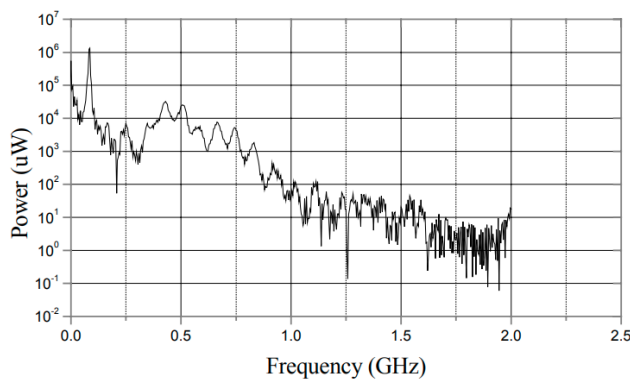


Рис. 4 Спектр наведенного напряжения при разрядном напряжении 4 кВ

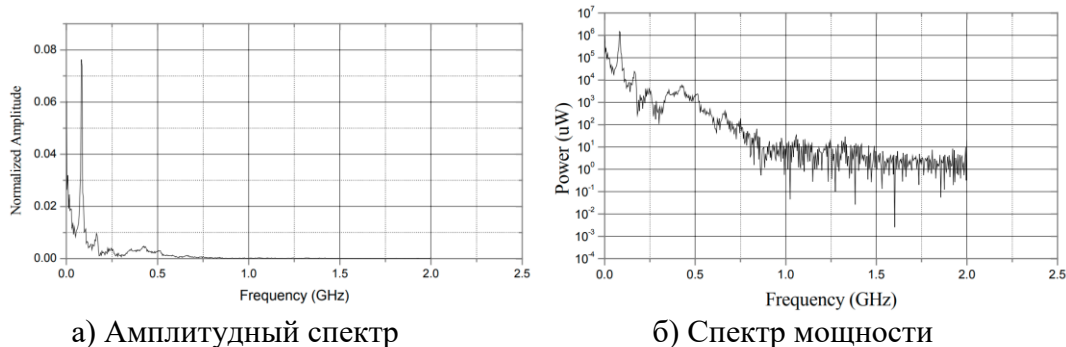


Рис.5 Амплитудный спектр и спектр мощности наведенного напряжения для уровня разрядного напряжения 6 кВ

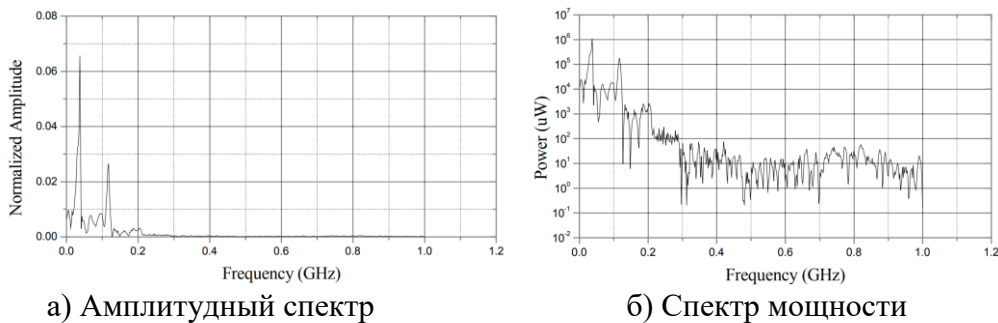


Рис.6 Амплитудный спектр и спектр мощности наведенного напряжения для уровня разрядного напряжения 18 кВ



По результатам моделирования видно, что энергия преобладает в области низких частот (рис. 3 и рис. 4). Другими словами, распределение энергии спектра с широким частотным диапазоном для ЭСР неравномерно, и в действительности оно должно использовать допустимую полосу пропускания (рис. 5 и рис. 6). Полярность разрядного напряжения также может влиять на спектральное распределение электростатического разряда из-за эффекта полярности воздушного разряда. Не существует прямой корреляции между уровнями отказа и уровнями напряжения разряда, и отказ микроэлектронного устройства может быть определен по спектральной характеристике электростатического разряда, поскольку частотная характеристика, с которой столкнулось тестируемое оборудование, отличается во время испытаний на устойчивость к электростатическому разряду.

**Заключение.** Вывод частотного спектра электромагнитных полей электростатического разряда (ЭСР) в воздухе был выполнен с помощью потенциальных уравнений излучаемых полей. Спектральный анализ и расчет выполнялись с использованием искусственных нейронных сетей. В энергетическом спектре ЭСР воздуха преобладают низкие частоты. Полезно изучить частотные характеристики микроэлектронного устройства, чтобы определить спектральное распределение ЭСР воздуха. Также важно изучить технологию предотвращения электростатического разряда.

### Список литературы

1. M.T. Gengog“lu, M. Cebeci, “Investigation of pollution flashover on high voltage insulators using artificial neural network”, Elsevier, Expert Systems with Applications 36 7338-734, (2009).
2. B. Bakasova and A. Uulu Askat, "Neuro-fuzzy approach to identification of electromagnetic fields of electrostatic discharge," 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE57272.2023.10086745.
3. R. Ahmed Refai, A. H. Mansour, M. A- H.Ahmed, “Estimation of the Electric Field and Potential Distribution on Three Dimension Model of Polymeric Insulator Using Finite Element Method”, IJEDR | Volume 3, Issue 2 | ISSN: 2321-9939, (2015).
4. [M.Enokizono, and Yuji Tsuchida, “Optimal Design by Boundary Element Method with Fuzzy Inference”, IEEE Trans, on Magnetics, Vol.30, No.5, pp.3447-3450, Sept 1994.
5. Бакасова, А. Б. Адаптивный нейро-нечеткий подход оценки электрических полей электростатического разряда / А.Б.Бакасова, асан уулу А. // Проблемы автоматизации и управления. -2023. - №1. -с. 83–95. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pau.imash.kg/index.php/pau/article/view/396>
6. B. Marungsri, W. Onchantuek, A. Oonsivilai “Electric Field and Potential Distributions along Surface of Silicone Rubber Polymer Insulators Using Finite Element Method” World Academy of Science, Engineering and Technology, (2008).
7. EMS 2013 Program User’s guide, <http://www.emworks.com>.
8. Aydogmus, Z., & Cebeci, M. A new flashover dynamic model of polluted HV insulators. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 11(4), 577-584, (2004).
9. Бакасова, А.Б. Применение нейронных сетей в задачах электромагнитных помех. / А.Б.Бакасова, Асану уулу А. //Проблемы автоматизации и управления. 2022. -№1. -с. 95–103. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pau.imash.kg/index.php/pau/article/view/259>
10. Асан уулу, А. Обзор альтернативных подходов к моделированию электромагнитной обстановки на высоковольтной электрической подстанции / Асан уулу А., А.Б.Бакасова // Проблемы автоматизации и управления. 2022. №2. С. 4–14. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pau.imash.kg/index.php/pau/article/view/307>

11. Mohamed M. Zahra, Mohamed H. Essai, Ali R. Abd Ellah, "Performance Functions Alternatives of Mse for Neural Networks Learning", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3, Issue 1, pp. 967-970, January - (2014).
12. Ali R. Abd Ellah, Mohamed H. Essai, Ahmed Yahya, "Robust Backpropagation Learning Algorithm Study for Feed Forward Neural Networks", Thesis, Al- Azhar University, Faculty of Engineering, -(2016).
13. Z. Aydogmus, "A neural network-based estimation of electric fields along high voltage insulators", Expert Systems with Applications 36 8705-8710, www.elsevier.com/locate/eswa, (2009).
14. Nasrat L. S., & Aly.Saleh, "Evaluation of Flashover Voltage on Hydrophobic Polymer Insulators with Artificial Neural Network", International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol.2, No.4, pp. 487~494, August (2012)
15. Neural Network Toolbox: For use with MATLAB, the Math Works,

Д.С. Дикарев<sup>1</sup>, Т.Б. Дуйшеналиев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> «МЭИ» Улуттук изилдөө университети, Москва, Россия Федерациясы

<sup>1,2</sup> Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Российская Федерация

D.S. Dikarev<sup>1</sup>, T.B. Duishenaliyev<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia

e-mail: dikarevDS@mpei.ru, dyshenaliyevT@mpei.ru

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ СИСТЕМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЦЕНТРОВ МАСС

### МАСЕЛЕЛЕРДИ ЧЕЧҮҮ ҮЧҮН ПРОГРАММАЛЫК КОМПЛЕКС ТОПТОЛГОН МАССА БОРБОРЛОРУНУН ТУТУМУНУН ДИНАМИКАСЫ

### SOFTWARE PACKAGE FOR SOLVING PROBLEMS OF DYNAMICS OF SYSTEMS OF LUMPED CENTERS OF MASS

*Matlab (Octave) системасында демпферлер жана серпилгич элементтер менен байланышкан катуу денелер системасынын динамикасынын маселелерин чечүү үчүн программалык комплекс (ПК) иштелип чыккан. Алардын кыймылы киргизилген жалпыланган координаттар менен аныкталат. Экинчи түрдөгү Лагранж теңдемесинин жардамы менен кинетикалык, потенциалдык энергиялар жана релейдин диссипативдик функциясы кыймылдын теңдемелерин чыгарат. Инерция, катуулук жана демпфинг матрицалары жазылат. Табигый жыштыктар, термелүүнүн формалары жана басаңдоонун кыскартуулары аныкталат. Тандалган жалпыланган координаттар кыймыл мыйзамдарын, амплитудалык жыштык мүнөздөмөлөрүн жана телолордун фазалык жолдорун диаграммаларды түзөт.*

**Түйүндүү сөздөр:** динамика, термелүүлөр, кыймыл мыйзамы, амплитудалык жыштык реакциясы, ажыроо жарлыгы, термелүү формалары.

*Разработан программный комплекс (ПК) в системе Matlab (Octave) для решения задач динамики систем твердых тел, связанных демпферами и упругими элементами. Их движение определяется введенными обобщенными координатами. С помощью уравнения Лагранжа второго рода по заданным значениям кинетической, потенциальной энергий и диссипативной функции Релея выводятся уравнения движения. Записываются матрицы инерции, жесткости и демпфирования. Определяются собственные частоты, формы колебаний и декременты затухания. По выбранным обобщенным координатам строятся графики законов движения, амплитудно-частотных характеристик и фазовых траекторий тел.*

**Ключевые слова:** динамика, колебания, закон движения, амплитудно-частотная характеристика, декремент затухания, формы колебаний.

*A software package (SP) in the Matlab (Octave) system has been developed for solving problems of the dynamics of systems of solid bodies connected by dampers and elastic elements. Their motion is determined by the introduced generalized coordinates. Using the Lagrange equation of the second kind, given values of the kinetic and potential energies and the dissipative Rayleigh function, equations of motion are derived. Matrices of inertia, stiffness and damping are recorded. Eigenfrequencies, oscillation modes and damping decrements are determined. Based on the selected generalized coordinates, graphs of the laws of motion, amplitude-frequency characteristics and phase trajectories of bodies are plotted.*

**Key words:** dynamics, oscillations, law of motion, amplitude-frequency characteristic, damping factor, oscillation forms.

**Введение.** При изучении отдельных разделов механики деформируемого твердого тела студенты наталкиваются на ряд затруднений. Без использования возможностей программирования вывод уравнений движения, к примеру, вынуждает нас упрощать расчетные схемы. Это характерно и для других достаточно сложных разделов, таких как расчет динамических систем на устойчивость с помощью характеристических уравнений или передаточных функций. К тому же, большую часть своего времени и внимания студенты тратят на рутинные вычисления.

Разработанный программный комплекс помогает студентам обобщить и систематизировать свои знания по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний», предоставляет студенту общий алгоритм решения задач курсового проекта данной дисциплины, а также прививает навыки программирования для решения задач других разделов механики деформируемого твердого тела.

**Постановка задачи.** Рассмотрим общий алгоритм расчета и его реализацию в коде программного комплекса на примере расчетной схемы (рис. 1). Для её описания вводятся четыре обобщенные координаты ( $q_1 - q_4$ ) и соответствующие ей значений параметров массы ( $m$ ), демпфирования ( $b$ ) и жесткости ( $c$ ), а также начальных координат ( $x_0$ ) и скоростей ( $v_0$ ) (см. таблицу).

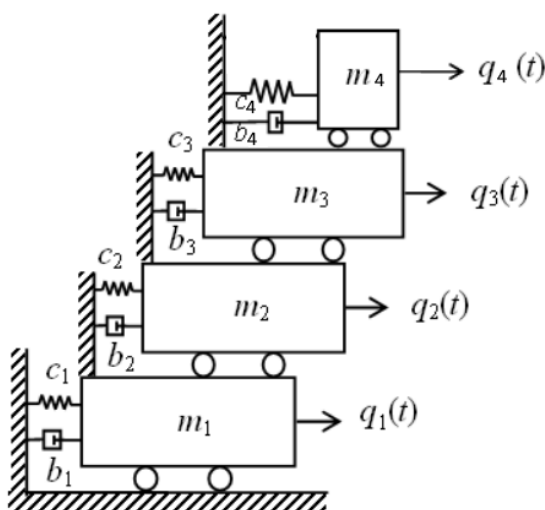


Рис. 1. Расчетная схема системы сосредоточенных масс

Таблица 1 - Исходные данные для расчетной схемы

	$m$ , кг	$b$ , Нс/м	$c$ , Н/м	$x_0$ , мм	$v_0$ , мм/с
$q_1$	1	1	100	1	1
$q_2$	1	2	100	1	0
$q_3$	2	1	100	0	1
$q_4$	3	1	250	0	0

**Использованный алгоритм.** При решении динамических задач и использовании для этой цели программного комплекса выделим основной алгоритм расчета, который проиллюстрирован в виде блок-схемы на рис. 2. Ниже рассмотрим подробнее все этапы этого алгоритма.



Рис. 2. Блок-схема программного комплекса

На первом этапе выбирается интересующий нас тип и итоги расчета: графики законов движения по координате, скорости или ускорения, фазовые траектории или амплитудно-частотные характеристики. Для этого в программном коде существует входной параметр «Type», которым и задается тип проводимого расчета. По параметру «ZD» выбирается тип закона движения, а в массиве «nOK» задаются номера интересующих нас обобщенных координат, по которым мы хотим получить графики. Пример реализации приведенных выше операторов в коде показан на рис. 3.

```

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %% Вх.д. (Type) :
    % Исключительно создание матриц Type -- [... , ...]
    % Закон движения Type -- ["ZD"], ZD -- ["x"], ["v"], ["a"]
    % Фазовая траектория Type -- ["FT"]
    % Амплитудно-частотная характеристика Type -- ["ACH"]
    Type=["ACH"]; ZD="x"; nOK=[1 2 3 4];
    
```

Рис. 3. Фрагмент кода задания типа расчета и рассматриваемых обобщенных координат

На втором этапе задаются массивы кинетической энергии, потенциальной энергии и диссипативной функции Рэлея, а также вынуждающих сил. В программном коде этот процесс реализуется внутри функции «Energia»: массив «T» отвечает за задание кинетической энергии, массив «P» – за задание потенциальной энергии, массив «R» – за задание диссипативной функции Рэлея, массив «Q» – за задание вынуждающих сосредоточенных сил. Каждый элемент массива описывает движение определенного тела системы так, что номер этого элемента соответствует номеру обобщенной координаты. Все элементы перечисленных массивов задаются с помощью введенных в начале функции «Energia» символьных параметров. Для обозначения их в коде, как символьных параметров, используется функция «syms».

Чтобы программный код работал не только на Matlab, но и на Octave необходимо также в начале главной функции дописать подключение библиотеки символьных

вычислений с помощью следующей строки кода «pkg load symbolic». Также в функции «Energia» задается матрица значений «Dano», первая строчка которой соответствует значениям массы центров масс системы, вторая – их коэффициентам демпфирования, третья – их коэффициентам жесткости, четвертая – длинам стержней кулисной системы, если рассматриваем такую. В матрице «Uv0» первой строке соответствуют начальные координаты сосредоточенных центров масс по обобщенным координатам, а второй – их начальные скорости.

Пример задания описанных выше векторов и матриц приведен на рис. 4.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% (1) Кинетическая(T), Потенциальная(P), Диссипативная(R) энергии и Сила(Q) :
function [T,P,R,Q,Dano,Uv0]=Energia(n)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Задание символьных параметров:
syms c1 c2 c3 c4 b1 b2 b3 b4 l1 l2 l3 l4 m1 m2 m3 m4 g x1 v1 x2 v2 x3 v3 x4 v4 t
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Ti- кинетическая энергия i-того центра масс.
T1=m1*v1^2/2;T2=m2*v2^2/2;T3=m3*v3^2/2;T4=m4*v4^2/2;
T=[T1; T2; T3; T4]
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Pi- потенциальная энергия i-того центра масс.
P1=c1*x1^2/2;P2=c2*(x2-x1)^2/2;P3=c3*(x3-x2)^2/2;P4=c4*(x4-x3)^2/2;
P=[P1; P2; P3; P4]
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Ri- диссипативная энергия i-того центра масс.
R1=b1*(v1)^2/2;R2=b2*(v2-v1)^2/2;R3=b3*(v3-v2)^2/2;R4=b4*(v4-v3)^2/2;
R=[R1; R2; R3; R4;]
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Qi- приложенная сила i-того центра масс:
Q1=10^4;Q2=0;Q3=0;Q4=0;
Q=[Q1; Q2; Q3; Q4];
%% Константы:
m1=10;m2=1; m3=2; m4=3;m=[m1 m2 m3 m4];
c1=100;c2=100; c3=100; c4=250;c=[c1 c2 c3 c4];
b1=1;b2=2; b3=1; b4=1;b=[b1 b2 b3 b4];l=[0 0 0 0];
Dano=[m;b;c;l];
%% Начальные кинематические данные:
x0=[1; 1; 0; 0];
v0=[1; 0; 1; 0];
Uv0=[x0,v0];
end
    
```

Рис. 4. Фрагмент кода задания параметров системы

На третьем этапе выводятся уравнения движения с помощью уравнения Лагранжа второго рода. В программном коде это выполняется с помощью функции «SumLagrang», в которой полученные уравнения движения собираются в массив «FF». Выводятся уравнения движения для каждой обобщенной координаты с помощью функции «Lagrang». В процессе её работы получается лагранжиан «L» путем вычитания потенциальной энергии из кинетической. После чего от него берутся производные по скорости и координате, получая две составляющие уравнения Лагранжа второго рода «F11» и «F12». Третья составляющая «F13» получается взятием производной по координате от функции Рэля. Затем составляющая «F11» приводится к нужному виду посредством замен, сначала, обобщенных скоростей на обобщенные ускорения, потом - обобщенных координат на обобщенные скорости. Пример реализации вывода уравнения движения в коде можно видеть на рис. 5.



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% (2) Уравнение лагранжа второго рода (УЛВР):
function F=Lagrang(T,P,R,n1)
n=n1; %%% Номер обобщенной координаты, по которой мы дифференцируем
syms x1 x2 x3 x4 v1 v2 v3 v4 a1 a2 a3 a4
X=[x1 x2 x3 x4];XX=[v1 v2 v3 v4]; XXX=[a1 a2 a3 a4];
x=X(n);v=XX(n);a=XXX(n); T=sum(T);P=sum(P);R=sum(R);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Лагранжиан:
L=T-P;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Дифференцирование по x и v:
F11=diff(L,v); F12=diff(L,x); F13=diff(R,v);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Дифференцирование по t:
F11=subs(F11,v1,a1);F11=subs(F11,v2,a2);F11=subs(F11,v3,a3);F11=subs(F11,v4,a4);
F11=subs(F11,x1,v1);F11=subs(F11,x2,v2);F11=subs(F11,x3,v3);F11=subs(F11,x4,v4);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Уравнение Лагранжа 2-ого рода
F=F11+F12+F13;
F=expand(F); % форма записи: F= q"*...+q'*...+q*...
end
    
```

Рис. 5. Фрагмент кода вывода уравнений движения

На четвертом этапе с помощью функций «MInercii», «MDempfirovania» и «MGestcosti» составляются, соответственно, матрицы инерции «А», демпфирования «В» и жесткости «С» (рис. 6). Получаются эти матрицы посредством взятия производных по символьным параметрам, отвечающим за ускорение «а», скорость «v» и координату «x». Затем, с помощью функции «MatriciConst», производится подстановка их значений в полученные матрицы и вектор вынуждающих сил в общем виде (рис. 7).

```

function A=MInercii(FF)
syms a1 a2 a3 a4
X=[a1 a2 a3 a4];
global q
for j1=1:1:q % Строчки
    for j2=1:1:q % Столбцы
        A(j1,j2)= diff(FF(j1),X(j2));
    end
end
end
end
    
```

Рис. 6. Фрагмент кода вывода матрицы инерции

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% (4) Подставление констант из дано в матрицы:
function [A,B,C,Q]=MatriciConst(A,B,C,Q,Dano)
%% Перевод констант из Dano в массивы характеристических параметров:
global q; m=Dano(1,:); b=Dano(2,:); c=Dano(3,:); l=Dano(4,:);
%% Подставление констант в матрицы через матрицу D:
D=[A B C Q];
for j1=1:1:q % Строчки
    D=subs(D,['m',num2str(j1)],m(j1));D=subs(D,['b',num2str(j1)],b(j1));
    D=subs(D,['c',num2str(j1)],c(j1));D=subs(D,['l',num2str(j1)],l(j1));
end
%% Перевод матрицы D в матрицы уравнения движения:
A=D(1:q,1:q);
B=D(1:q,1+q:2*q);
C=D(1:q,1+2*q:3*q);
Q=D(1:q,1+3*q:1+3*q);
end
    
```



Рис. 7. Фрагмент кода простановки значений вместо символьных параметров

На следующем пятом этапе определяются собственные частоты и формы колебаний с помощью функции «Chastota». Для системы с одной степенью свободы при определении собственной частоты «W» одноэлементная матрица «С» делится на одноэлементную матрицу «А», а матрица «V», отвечающая за формы колебаний, принимает значение, равной единице.

Если система состоит из нескольких степеней свободы, то значения собственных частот и форм колебаний ищутся с помощью встроенной функции «eig». После чего для удобства восприятия, с помощью встроенной функции «round» значения собственных частот и форм колебаний округляются до сотых. Затем с помощью функции «KoeffDemp» определяются коэффициенты затухания «e» (рис. 8а, 8б).

Для системы с одной степенью свободы «e» определяется путем деления единичной матрицы «B» на единичную матрицу «A». Для систем с большим количеством степеней свободы – с помощью функции «eig». После чего параметры затухания используются для пересчета полученных собственных частот.

```
function [W,V]=Chastota(A,C)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Определение частот/форм колебаний системы:
global q
if(q==1)
    W=C\A; V=1;
else
    [V,W]=eig(A^(-1)*C);
end
V=0.01*round(100*V);
W=sqrt(diag(W)');
W=round(W*100)/100;
end
```

Рис. 8а. Фрагмент кода вывода собственных частот и форм колебаний

```
function [e,We]=KoeffDemp(A,B,W)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Определение коэффициентов затухания:
global q
if(q==1)
    e=B/A;
else
    [V,e]=eig(A^(-1)*B);
end
W
e=round(e*100)/100;e=diag(e)';
We=sqrt(e.^2+W.^2);We=round(We*100)/100
end
```

Рис. 8б. Фрагмент кода вывода коэффициентов затухания

На последнем этапе проводится один из трех обозначенных ранее типов расчетов. Рассмотрим каждый из них по-отдельности.

Вывод законов движения и построение их графиков в программном коде производится с помощью функции «ZakonDvizenia». В ней в первую очередь выводятся законы движения с помощью функции «ObsheeReshenie». Для этого происходит учет форм колебаний при введении параметров «D1» и «D2» по формулам:

$$D_1 = \frac{v_j' A x_0}{v_j' A v_j}, \tag{1}$$

$$D_2 = \frac{v_j' A v_0}{w_j v_j' A v_j}, \tag{2}$$

где  $v_j$  – вектор форм колебаний j-ой обобщенной координаты, соответствующий j-ому столбцу матрицы форм колебаний;  $v_j'$  – обратный вектор от вектора  $v_j$ ;  $w_j$  – значение собственной частоты j-ой обобщенной координаты;  $A$  – матрица инерции.

Затем выводятся законы движения по формуле:

$$q_j = e^{-\varepsilon_j t} V_{ij} (D_1 \cos(w_j t) + D_2 \sin(w_j t)), \tag{3}$$

где  $t$  – символьный параметр времени;  $\varepsilon_j$  – коэффициент затухания j-ой обобщенной координаты;  $V_{ij}$  – значение матрицы форм колебаний, соответствующее i-ой строке и j-му столбцу.

После чего требуется построить графики законов движения. Их иллюстрация, при использовании программного комплекса, приведена на рис. 9.

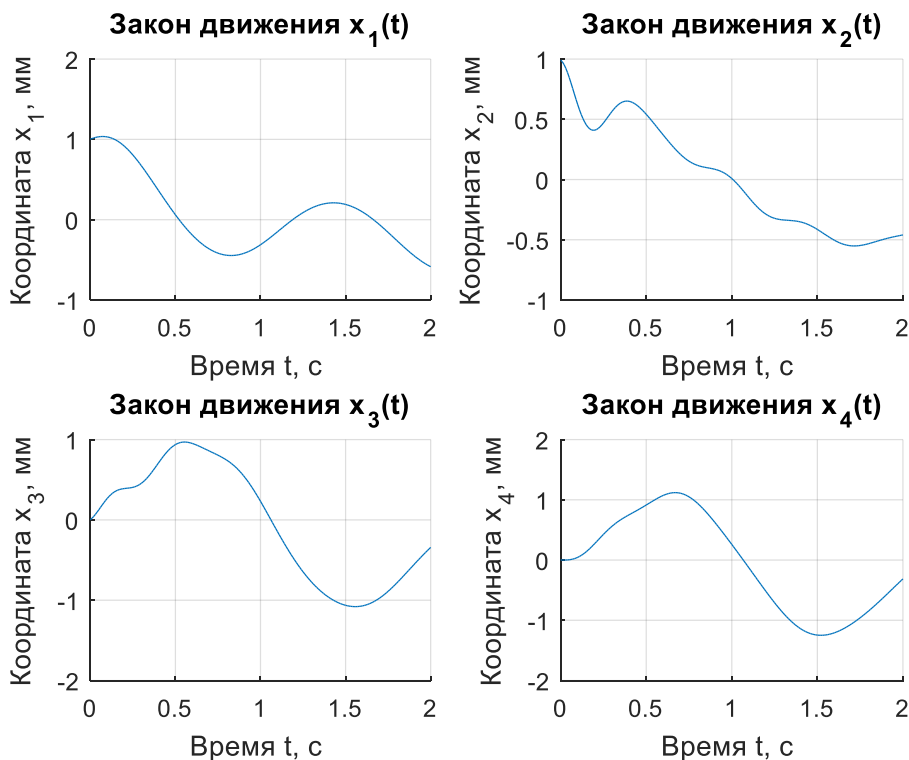


Рис. 9. Графики законов движения для четырех обобщенных координат

Построение фазовых траекторий происходит по тому же алгоритму, что и построение законов движения, с той лишь разницей, что фазовые траектории строятся в координатах обобщенных скоростей и координат. Иллюстрация построенных фазовых траекторий при работе ПК приведена на рис. 10.

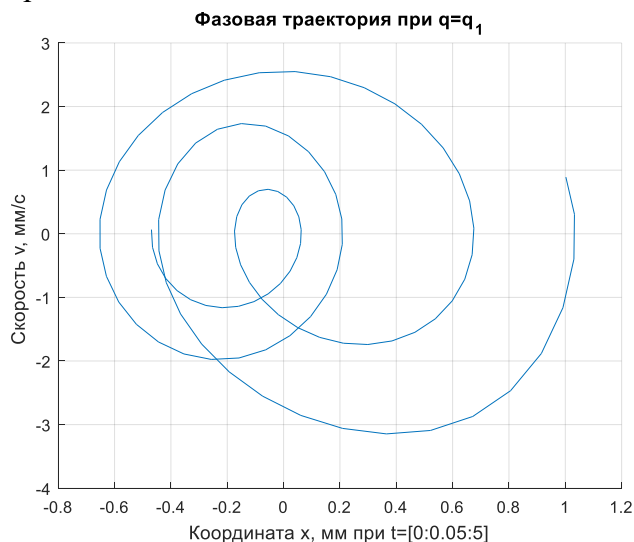


Рис. 10. Фазовая траектория движения системы по первой обобщенной координате

Для реализации последнего типа расчета: вывод формул для построения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и, соответственно, её построение, используется метод комплексных амплитуд по формуле (4). Его реализацию в коде можно найти в функции

«МКА», а полный расчет содержится в функции «АСН». Полученные АЧХ приведены на рис. 11.

$$qA_j = \text{real}((-w^2A + iwB + C)^{-1}Q). \quad (4)$$

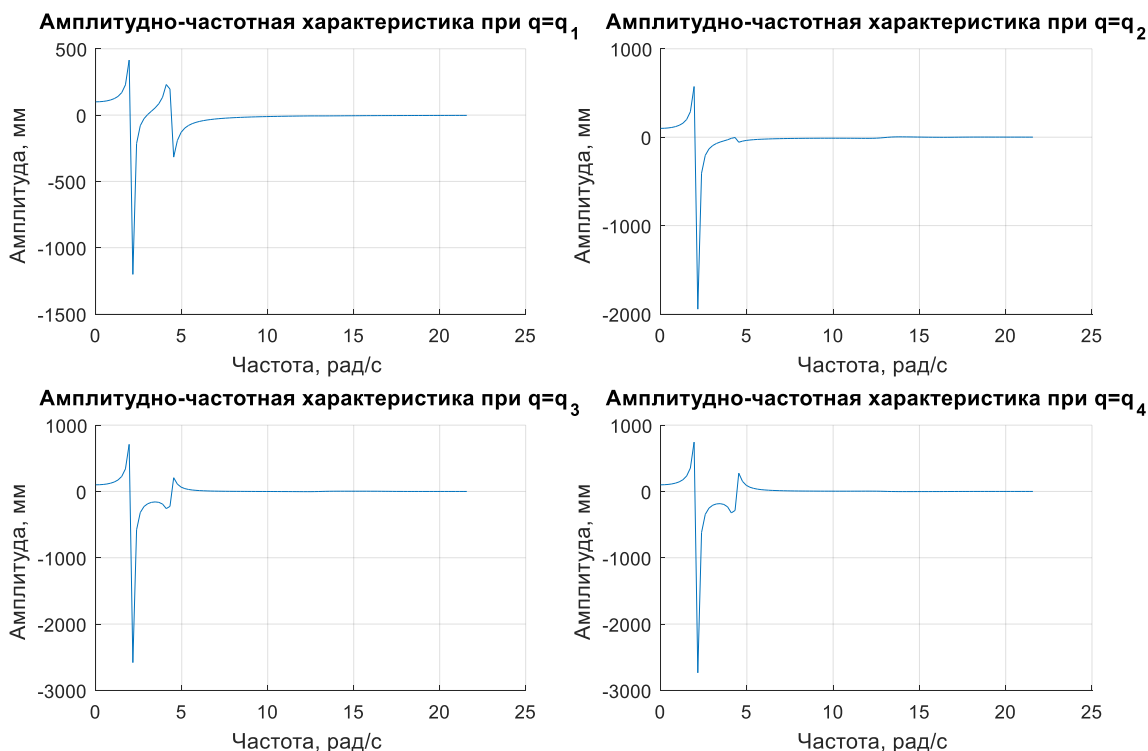


Рис. 11. Амплитудно-частотная характеристика для четырех обобщенных координат

**Заключение.** Программный комплекс представляет единый реализованный алгоритм решения разного рода задач дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний». Студенты, применяя его, получают возможность по заданным значениям кинетической энергии, потенциальной энергии и диссипативной функции Релея выводить уравнения движения с помощью уравнения Лагранжа второго рода, а также записать матрицы инерции, жесткости и демпфирования. Программный комплекс определяет собственные частоты, формы колебаний и декременты затухания, строит графики законов движения, амплитудно-частотных характеристик и фазовых траекторий тел.

### Список литературы

1. Чирков, В.П. Колебания систем с сосредоточенными параметрами /В.П. Чирков, Е.В. Позняк – М.: Издательство МЭИ, 2018.
2. Радин, В.П. Решение задач механики материалов и конструкций в системе MATLAB: Материалы IV Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования Инфорино-2018» (23–26 октября 2018 г., Москва) / В.П. Радин, Е.В. Позняк, О.В. Новикова, В.Е. Хроматов. – М.: Издательство МЭИ, 2018.

**Н.К. Колбаев<sup>1</sup>, И.Г. Тен<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Бакалавр направления 710400 Программная инженерия, КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

**N.K. Kolbaev<sup>1</sup>, I.G. Ten<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bachelor degree program 710400 Software Engineering, KSTU named after I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e-mail: nurtegin.kolbaev@gmail.com, iosiften@gmail.com

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГРЕССИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО БАНКИНГА ОАО «ХАЛЫК БАНК КЫРГЫЗСТАН»**

### **«ХАЛЫК БАНК КЫРГЫЗСТАН» ААК МОБИЛДИК БАНКИНГ ҮЧҮН РЕГРЕССИЯЛЫК ТЕСТИРЛӨӨ АВТОМАТТАШТЫРУУ СИСТЕМАСЫ**

### **REGRESSION TESTING AUTOMATION SYSTEM FOR MOBILE BANKING OF THE OJSC «HALYK BANK KYRGYZSTAN»**

*Макалада «Халык Банк Кыргызстан» ААКтын мобилдик банкинг тиркемеси үчүн регрессиялык тестирлөөнүн автоматташтырылган системасын иштеп чыгуунун актуалдуулугу баяндалган. Мобилдик банкинг тиркемесин регрессиялык тестирлөө процессин автоматташтырууга багытталган системаны иштеп чыгуунун натыйжалары берилген. Бул тестирлөө бөлүмү тарабынан сунушталган колдонуучуларга процесстин ылдамдыгын жана эффективдүүлүгүн жогорулатуу, тестирлөө чыгымдарын азайтуу жана тобокелдиктерди азайтуу аркылуу колдонмонун функционалдуулугун текшерүү процессин өркүндөтүүгө мүмкүндүк берет.*

**Түйүндүү сөздөр:** *тестирлөө, регрессиялык тестирлөө, мобилдик банкинг, тестти автоматташтыруу.*

*В статье описывается актуальность разработки системы автоматизации регрессионного тестирования для приложения мобильного банкинга ОАО «Халык Банк Кыргызстан». Приводятся результаты разработки системы, которая направлена на автоматизацию процесса регрессионного тестирования приложения мобильного банкинга. Это позволяет пользователям, в лице сотрудников отдела тестирования, улучшить процесс тестирования функционала приложения путем увеличения скорости и эффективности процесса, снижения затрат на тестирования и снижения рисков.*

**Ключевые слова:** *тестирование, регрессионное тестирование, мобильный банкинг, автоматизация тестирования.*

*The article describes the relevance of developing a system for automating regression testing for mobile banking application of OJSC «Halyk Bank Kyrgyzstan». The results of the system development, which is aimed at automating the process of regression testing of the mobile banking application, are given. This allows users, represented by testing department employees, to improve the process of testing application functionality by increasing the speed and efficiency of the process, reducing testing costs and reducing risks.*

**Key words:** *testing, regression testing, mobile banking, test automation.*

**Введение.** Регрессионное тестирование является важной составляющей процесса разработки программного обеспечения. Данный вид тестирования направлен на проверку

уже протестированных и работающих функций системы после внесения изменений или добавления нового функционала. Целью регрессионного тестирования является обнаружение потенциальных проблем, которые могут возникнуть в результате изменений в программном коде или конфигурации системы.

Традиционно регрессионное тестирование выполняется вручную, что требует значительных временных и человеческих ресурсов. Однако с развитием автоматизации тестирования появилась возможность автоматизировать процесс выполнения регрессионных тестов, что значительно повышает эффективность и точность тестирования, а также сокращает затраты времени и ресурсов.

Автоматизация регрессионного тестирования позволит сотрудникам отдела тестирования быстро выполнять повторяющиеся тестовые сценарии, освобождая их от рутины и сосредотачиваясь на более приоритетных задачах. Она также обеспечивает более широкий охват тестирования, поскольку автоматические тесты могут быть выполнены на разных конфигурациях и с различными наборами данных.

**Актуальность проблемы.** Поскольку сам процесс регрессионного тестирования представляет собой тестирование функционала приложения, который ранее уже был протестирован, можно сказать, что для тестирования данного функционала имеется определенный тестовый сценарий. На текущий момент процесс регрессионного тестирования выполняется сотрудником отдела вручную при каждом обновлении, как крупном, так и незначительном, приложения мобильного банкинга в целях обнаружения возможных ошибок в ранее рабочем функционале. В ходе исследования деятельности отдела тестирования были выявлены следующие возможные проблемы:

**Затраты времени:** ручное регрессионное тестирование может потребовать значительного времени и усилий, особенно при больших масштабах проектов или сложных функциональных возможностях приложения. Проблемой может быть ограниченное время, доступное для тестирования, что может привести к неполному покрытию тестами нового функционала приложения.

**Сложность обслуживания:** ручное регрессионное тестирование может стать сложным и затратным процессом в долгосрочной перспективе, особенно при частых выпусках обновлений или изменениях в приложении. Проблемой может быть неэффективное использование ресурсов, т.е. повторное выполнение одних и тех же тестовых сценариев

**Человеческий фактор:** при ручном регрессионном тестировании нельзя также исключать человеческий фактор, поскольку результат всецело зависит от сотрудника отдела тестирования. Проблемой может быть пропуск определенных тестовых случаев или недостаточная проверка краевых условий, что может привести к недостоверным результатам тестирования.

**Цели разработки.** Целью работы является разработка системы автоматизации регрессионного тестирования мобильного банкинга, которая позволит:

Увеличить скорость и эффективность тестирования: автоматизация тестирования позволяет значительно ускорить процесс и повысить его эффективность, так как автоматические тесты могут выполняться быстрее и точнее, чем ручное тестирование.

Снизить затраты: автоматическое тестирование может помочь снизить затраты на тестирование, так как от сотрудника требуется лишь запустить процесс тестирования, что позволяет сократить количество времени и ресурсов, затрачиваемых на тестирование.

Снизить риски: автоматическое тестирование может помочь уменьшить риски, связанные с выпуском продукта с ошибками, так как исключается человеческий фактор.

**Функции системы.** В результате обзора аналогичных систем и общения с заказчиком разработки были сформулированы требования, представленные далее.

**Функциональные требования к системе.** В системе должны быть реализованы тестовые сценарии, указанные в предоставленном заказчиком в чек-листе (ПРИЛОЖЕНИЕ I);

Система должна предоставлять возможность выбора типа тестируемого приложения из перечисленных ниже:

- конечный продукт;
- тестовый продукт.

Примечание: тестовый продукт взаимодействует со специально предназначенной тестовой средой, которая имеет некоторые отличия от среды конечного продукта;

Система должна предоставлять пользователю возможность задавать параметры конфигурации перед запуском тестов.

Список обязательных параметров включает в себя:

- Доверенный номер для доступа к приложению;
- Пароль;
- Тип тестируемого приложения;
- Версия ОС Android установленная на мобильном устройстве (эмуляторе).

Система должна предоставлять пользователю возможность изменять параметры каждого тестового сценария (где таковые имеются), перед запуском тестов;

Пользователь должен иметь возможность сгенерировать отчет по результатам последнего прохождения тестов (подразумеваются результаты всех тестов, проведенных после сохранения параметров конфигурации);

Отчет должен содержать статус выполнения каждого шага тестового сценария;

Результаты прохождения тестов должны группироваться согласно предоставленному заказчиком чек-листу (ПРИЛОЖЕНИЕ I);

Система должна хранить все отчеты, группируя их по дате создания;

Название отчета должно иметь следующий вид:  
Время создания отчета – тип приложения – версия приложения

Пример:

16-42-31-test-2.0.18

Система должна предоставлять пользователю возможность экспортировать или удалить определенный отчет;

Пользователь должен иметь возможность запускать тест как на физическом устройстве, подключенном к ПК, так и на эмуляторе.

поддерживаться должен любой эмулятор, распознаваемый ADB.

Примечание: Пользователь должен иметь возможность запускать все тестовые сценарии вместе или же выборочно.

**Концептуальная модель.** Для того чтобы проанализировать и специфицировать общие требования к функциональному поведению проектируемой системы была разработана концептуальная модель.

На рис. 1 представлена концептуальная модель системы в виде диаграммы вариантов использования, на которой отображены все актеры системы, а также варианты использования, с которыми они связаны.

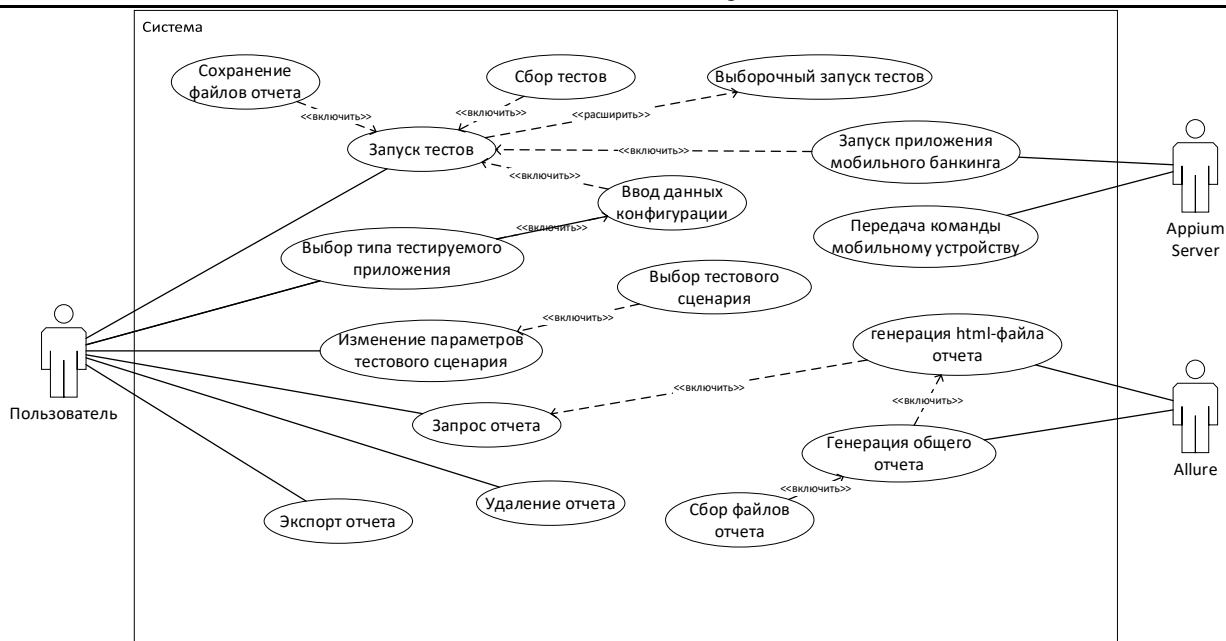


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

### Результаты разработки системы

Основные средства разработки, используемые в процессе выполнения работы: python, pytest, fastapi, appium и allure.

#### Python:

Python является одним из наиболее популярных языков программирования в области тестирования и автоматизации.

Он имеет простой и понятный синтаксис, что облегчает разработку и поддержку автоматизированных тестов.

Python обладает богатой экосистемой библиотек и фреймворков, которые значительно упрощают процесс разработки тестовых сценариев и обеспечивают широкие возможности для автоматизации.

#### Pytest:

Pytest является мощным фреймворком для написания автоматизированных тестов на языке Python.

Он предоставляет простой и интуитивно понятный синтаксис для описания тестовых сценариев.

Pytest обладает широким набором функций, таких как автоматическое обнаружение тестов, параметризация, фикстуры и многие другие, что значительно упрощает написание и поддержку тестов.

Фреймворк также обладает расширяемостью и поддерживает интеграцию с другими инструментами и библиотеками.

#### FastAPI:

FastAPI является быстрым и современным фреймворком для разработки веб-приложений и API на языке Python.

Он обладает высокой производительностью и эффективностью благодаря использованию асинхронного кода.

FastAPI предоставляет автоматическую генерацию документации для API и обеспечивает простоту разработки и тестирования веб-сервисов.

#### Appium:

Appium является популярным инструментом для автоматизации тестирования мобильных приложений на различных платформах, включая iOS и Android.

Он предоставляет возможность писать автоматизированные тесты на различных языках программирования, включая Python.



Appium обладает широким набором функциональности для управления и взаимодействия с мобильными приложениями, таких как ввод текста, нажатие кнопок, перетаскивание элементов и т.д.

Использование Appium в автоматизации тестирования мобильных приложений позволяет создавать стабильные и надежные тестовые сценарии.

Allure:

Allure является инструментом для генерации отчетов о выполнении автоматизированных тестов.

Он предоставляет удобный и информативный пользовательский интерфейс, позволяющий анализировать результаты тестирования и визуализировать данные в удобном виде.

Allure поддерживает интеграцию с различными фреймворками тестирования, включая Pytest, и позволяет генерировать отчеты с подробной информацией о проведенных тестах.

Использование Allure упрощает процесс анализа результатов тестирования и помогает тестировщику принимать решения на основе полученных данных.

Ниже на рисунках 2-12 приведены скриншоты экранов пользовательского интерфейса и некоторые пояснения к ним.

На рис. 2 представлен экран настройки конфигурации, он же, по совместительству, начальный экран.

Параметр	Значение
Имя пользователя	Кимбаев Нуртгали Канатбаев
Доверенный номер	772844944
Пароль	.....
Тип восстановления пароля	Номер паспорта
Номер паспорта	40506899
Последние 4 цифры карты	4669
Тип приложения	Тест
Версия вкладки	12

Рис. 2. Экран настройки конфигурации

Ниже представлено описание каждого параметра конфигурации:

Имя пользователя – имя пользователя, чьи учетные данные используются для тестирования.

Доверенный номер – номер телефона пользователя, чьи учетные данные используются для тестирования. При вводе номера телефона следует опускать международный код абонентов +996 или 0 (Пример: 771944944).

Пароль – Пароль от учетной записи пользователя, чьи учетные данные используются для тестирования.

Тип восстановления пароля – Используется в тестовых сценариях восстановления пароля учетной записи. Выпадающий список содержит два значения: Номер паспорта, Номер карты.

Номер паспорта – серия и номер паспорта пользователя, чьи учетные данные используются для тестирования. Используется в тестовых сценариях восстановления пароля учетной записи.

Последние 4 цифры карты – последние 4 цифры номера карты пользователя, чьи учетные данные используются для тестирования. Используется в тестовых сценариях восстановления пароля учетной записи. (Пример: 4196 xxxx xxxx 4669).

Тип приложения – Тип тестируемого приложения. Выпадающий список содержит два значения: Тест – тестовое приложение, взаимодействующее со специальной тестовой средой; Бой – конечный продукт.

Версия андроид – версия ОС Android установленная на мобильном устройстве, которое используется для тестирования. Для того чтобы узнать версию ОС установленную на устройстве необходимо открыть параметры устройства и найти пункт «Об устройстве».

После нажатия кнопки «Сохранить» если не все поля были заполнены пользователь получит соответствующее сообщение, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Сообщение о необходимости заполнить все поля

Если же все поля были заполнены пользователь переходит на экран выбора тестовых сценариев. На рис. 4 показан экран выбора тестовых сценариев.

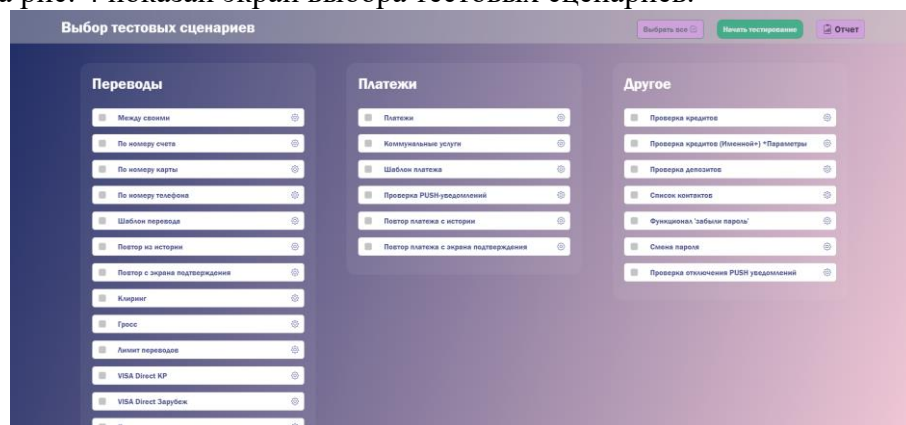


Рис. 4. Экран выбора тестовых сценариев

Рассмотрим элементы данного экрана:

На рис. 5 показан список тестовых сценариев, которые разделены по соответствующим категориям.

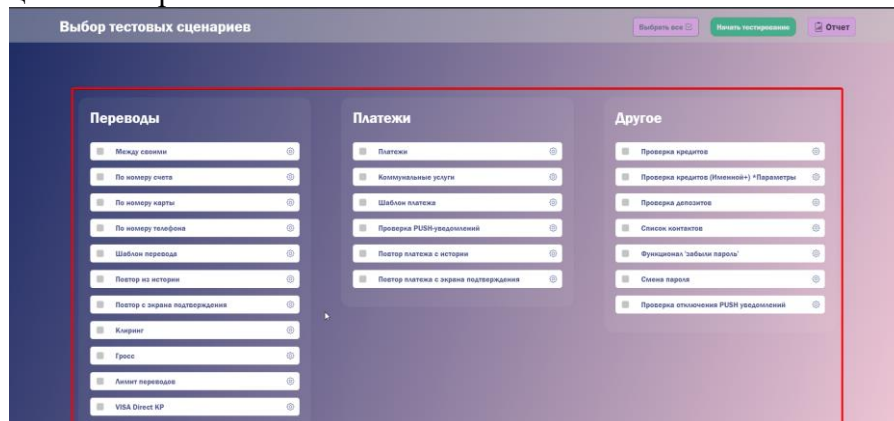


Рис. 5. Список тестовых сценариев

На рис. 6 представлена строка одного тестового сценария.



Рис. 6. Строка тестового сценария

Checkbox для выбора тестового сценария – Если checkbox отмечен, то при запуске процесса тестирования, данный тестовый сценарий будет выполнен.

Название тестового сценария.

Кнопка параметров тестового сценария – При нажатии на данную кнопку открывается экран для изменения параметров тестового сценария. Однако, если для тестового сценария не предусмотрены параметры, то выводится соответствующее сообщение.

Ниже на рис. 7 представлен пример экрана параметров для тестового сценария.

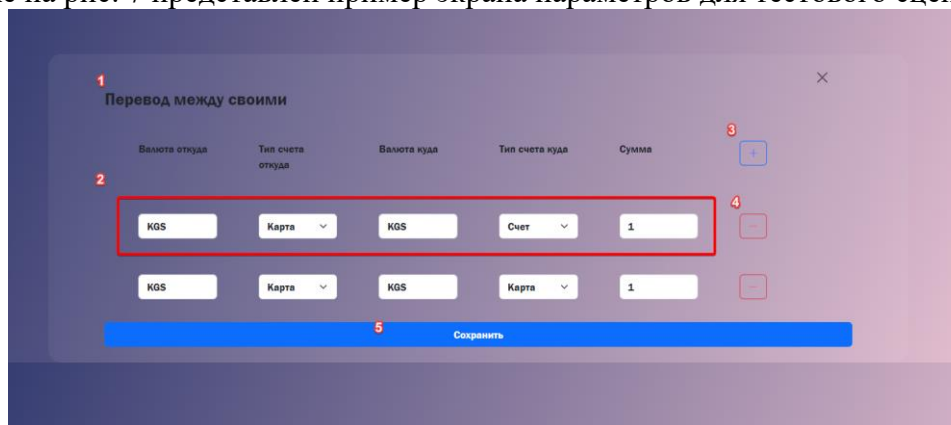


Рис. 7. Экран параметров тестового сценария

Название тестового сценария, параметры которого изменяются.

Строка параметров. Одна строка параметров представляет собой один прогон тестового сценария, т.е. тестовый сценарий будет повторен столько раз, сколько строк параметров будет задано. У тестовых сценариев могут отличаться параметры.

Кнопка добавления строки параметров.

Кнопка удаления строки параметров. Если строка параметров осталась последней ее нельзя удалить.

Кнопка «Сохранить» - сохраняет изменения параметров тестового сценария. В случае если не все поля заполнены на экране появится соответствующее сообщение. Если же все поля заполнены параметры тестового сценария сохраняются, а пользователь попадает на экран выбора тестовых сценариев.

В верхней строке на экране выбора тестовых сценариев расположены кнопки «Выбрать все», «Начать тестирование» и «Отчет».

Кнопка «Выбрать все» - при нажатии выбирает все тестовые сценарии и меняет текст на «Снять выбор». На рис. 8 показан экран выбора тестовых сценариев после нажатия на кнопку «Выбрать все».

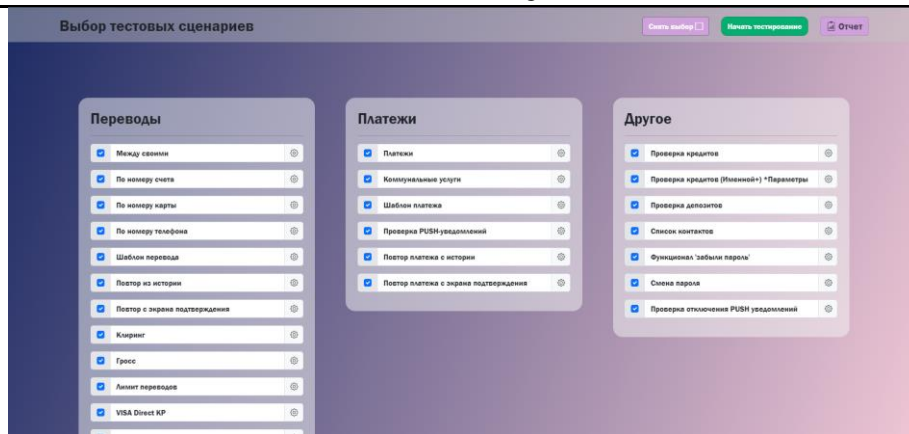


Рис. 8. Все тестовые сценарии выбраны после нажатия на кнопку «Выбрать все»

При повторном нажатии снимает выбор всех выбранных тестовых сценариев и меняет текст обратно на «Выбрать все».

Кнопка «Начать тестирование» - данная кнопка является недоступной до тех пор, пока не будет выбран хотя бы один тестовый сценарий. При нажатии запускает процесс тестирования и открывает модальное окно, информирующее о том, что процесс тестирования запущен.

Кнопка «Отчет» - открывает список отчетов. На рис. 9 показано выпадающее меню, открывающееся при нажатии на кнопку «Отчет».

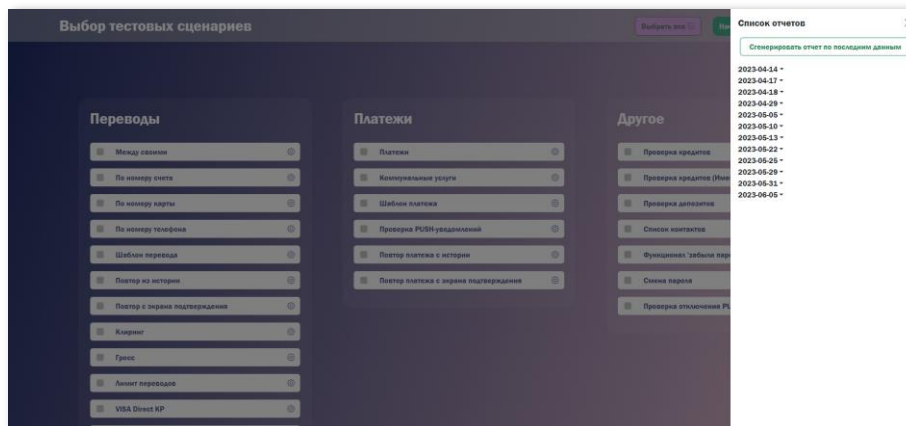


Рис. 9. Выпадающее меню со списком отчетов

Отчеты группируются по дате создания. Каждая группа содержит как минимум один отчет в формате html. На рис. 10 приведен пример содержимого списка отчетов.

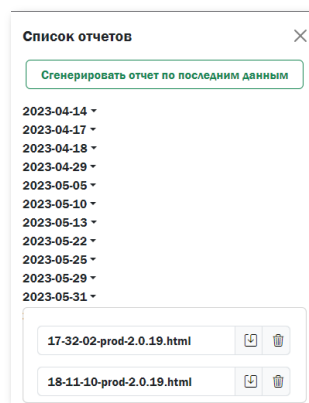


Рис. 10. Содержимое списка отчетов.

Кнопка «Сгенерировать отчет по последним данным» - генерирует html-файл отчета по данным, которые были получены после прохождения тестовых сценариев.

На рис. 11 представлена строка отчета где:

Название отчета – при нажатии на название открывается соответствующий отчет

Кнопка импорта – при нажатии на данную кнопку отчет скачивается в память ПК

Кнопка удаления – при нажатии на данную кнопку отчет удаляется. Если после удаления отчета в директории не остается файлов, то директория также удаляется.

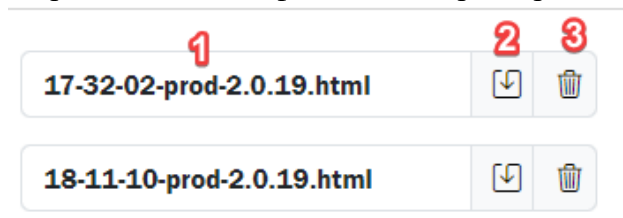


Рис. 11. Строка отчета

При открытии отчета открывается главный экран отчета, представленный на рис. 12.

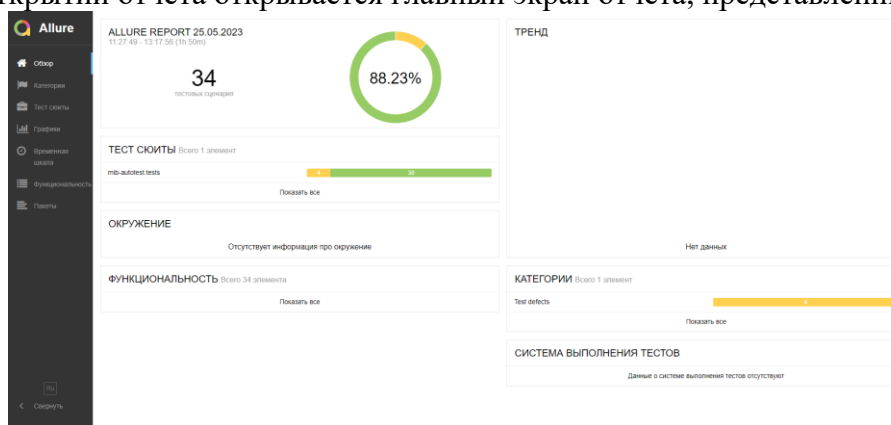


Рис. 12. Главный экран отчета

Для того чтобы посмотреть результаты выполнения тестовых сценариев необходимо перейти в «Тест сюиты». На рис. 13 показан экран «Тест сюиты».



Рис. 13. Экран «Тест сюиты» (Англ. Test suites)

Для того, чтобы посмотреть результаты выполнения каждого шага необходимо выбрать определенный тестовый сценарий. После чего откроется раздел с подробной информацией о прохождении тестового сценария, показанный на рис. 14.

**Прошло** Переводы лимит

Обзор История Перезапуски

Tags: `tags('transfer_daylimit')`

Важность: normal

Длительность: ⌚ 2m 26s

**Параметры**

from\_account\_type: 'SCORE'  
from\_currency: 'KGS'  
initials: 'Э.Б.Э.'  
number: '1250820006235270'  
sumless: '0.9'  
summore: '100000.1'

**Выполнение**

> Подготовка

▼ Тело теста

- ✓ Заполнение полей (ДН, пароль)  
2 параметра, 4 вложенных шага 20s 109ms
- trusted\_number '771944944'
- global\_data {user\_name: 'Колбаев Нуртегин Канатович', trusted\_number: '771944944', pass...
- ✓ Очистка уведомлений 4s 205ms
- ✓ Заполнение полей. 7s 774ms
- ✓ Сворачивание клавиатуры. 1s 852ms
- ✓ Нажатие кнопки подтверждения. 1s 487ms
- ✓ Ввод кода OTP с СМС.  
1 параметр, 2 вложенных шага 17s 859ms
- type\_app 'prod'
- ✓ Парсинг СМС сообщения. 7s 384ms
- ✓ Ввод кода OTP с полученного СМС сообщения, нажатие кнопки подтверждения. 9s 454ms
- ✓ Ввод кода доступа и подтверждение его.  
1 вложенный шаг 15s 294ms

Рис. 14. Подробная информация о прохождении тестового сценария

**Заключение.** В результате выполнения работы была разработана рабочая система автоматизации регрессионного тестирования для мобильного банкинга ОАО «Халык Банк Кыргызстан»

Разработанная система позволяет автоматизировать процесс регрессионного тестирования мобильного банкинга ОАО «Халык Банк Кыргызстан». Система удовлетворяет требованиям заказчика в лице отдела тестирования УМБ и на данный момент уже применяется в работе сотрудников данного отдела. В дальнейшем планируется расширение системы посредством добавления новых тестовых сценариев.

### Список литературы

1. Douglas Bell. Software engineering for students, 4th edition. Addison-Wesley Longman Ltd, 2005;
2. Документация по работе со средой тестирования Pytest. URL: <https://docs.pytest.org/en/7.3.x/contents.html>;
3. Документация по работе с инструментами Appium Server. URL: <https://appium.io/docs/en/2.0/>;
4. Документация по работе с Selenium в связке с языком программирования Python. URL: <https://selenium-python.readthedocs.io/>;
5. Документация по работе с инструментом отчетности Allure framework. Плагин Allure-pytest. URL: [https://docs.qameta.io/allure/#\\_python](https://docs.qameta.io/allure/#_python);
6. Руководство по работе с веб-фреймворком FastAPI. URL: <https://metanit.com/python/fastapi/>;
7. Документация языка программирования python 3.10. URL: <https://docs.python.org/3.10/tutorial/index.html>;

**Н.Н. Искакова<sup>1</sup>, И.Г. Тен<sup>2</sup>, И.Р. Мусина<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1,2,3</sup>КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>3</sup>ORCID:0000-0002-0027-2618

**N.N. Iskakova<sup>1</sup>, I.G. Ten<sup>1</sup>, I.R. Musina<sup>1</sup>**

<sup>1,2,3</sup>KSTU named after I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

*e-mail:* nuraiymiskakova@gmail.com, iosiften@gmail.com, musina-indira@yandex.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОДСИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТАВКОЙ ТОВАРОВ**

### **ТОВАРЛАРДЫ ЖЕТКИРҮҮНҮН БАШКАРУУ ПОДСИСТЕМАСЫНДА ЛОГИСТИКАЛЫК ПРОЦЕССТЕРДИ ОПТИМАЛДАШТЫРУУ**

#### **OPTIMIZATION OF LOGISTIC PROCESSES IN GOODS DELIVERY MANAGMENT SUBSYSTEM**

*Макала товарларды жеткирүү процессин ишке ашыруу үчүн эң кыска жолду табуу алгоритмдерин изилдейт. Алгоритмдерди баалоо үчүн ар кандай критерийлер каралат. Тандалган критерийлер боюнча алардын салыштырма анализинин натыйжалары берилген. Ишкананы башкаруунун автоматташтырылган системасында товарларды жеткирүүнү башкаруу функциясын ишке ашыруу үчүн алгоритм сунушталат. Курьерге жүктөрдү эффективдүү жеткирүүгө мүмкүндүк берүүчү подсистема иштелип чыккан.*

**Түйүндүү сөздөр:** *товарларды жеткирүү процесси, багытталбаган графиктер, графиктик издөө алгоритмдери үчүн баалоо критерийлери, эң кыска жол издөө алгоритмдери, жеткирүүнүн автоматташтырылган системасы.*

*В статье исследованы популярные алгоритмы поиска кратчайшего пути для осуществления процесса доставки товаров с точки зрения различных критериев их оценки. Представлены результаты их сравнительного анализа. Выбран алгоритм для реализации функции управления доставкой товаров в автоматизированной системе управления предприятием. Разработана подсистема, позволяющая курьеру обеспечить эффективную доставку товаров.*

**Ключевые слова:** *процесс доставки товаров, неориентированные графы, критерии оценки алгоритмов поиска по графам, алгоритмы поиска кратчайшего пути, автоматизированная система доставки.*

*The article explores popular algorithms for finding the shortest path for the process of delivering goods from the point of view of various criteria for their evaluation. The results of their comparative analysis are presented. An algorithm has been chosen to implement the function of managing the delivery of goods in an automated enterprise management system. A subsystem has been developed that allows the courier to ensure the efficient delivery of goods.*

**Key words:** *goods delivery process, unoriented graphs, evaluation criteria for graph search algorithms, shortest path search algorithms, automated delivery system.*

**Введение.** На сегодняшний день, на рынке Кыргызстана большое число предпринимателей реализуют свои товары через интернет-магазины. Ежедневно, пользователи сети (потенциальные покупатели) обращаются к ним в поисках нужной продукции. Клиенты заказывают товар и договариваются о доставке. Доставка является



платной услугой и осуществляется через курьерскую службу. При подсчете стоимости доставки учитывается расстояние от точки забора заказа до точки доставки. Большинство интернет магазинов в настоящее время доставляют товары только в рамках больших городов (к примеру, Ош или Бишкек), где расстояния между точками доставки сравнительно небольшие и соответственно небольшие логистические затраты. Но если доставка осуществляется вне города, и при этом курьер должен объехать несколько точек, то проблема выбора оптимального пути, позволяющего минимизировать затраты, становится актуальной. Использование оптимального алгоритма доставки позволит собственникам интернет-магазинов не завышать цены (включая туда стоимость доставки), тем самым привлекая новых клиентов.

Подсистема (модуль) управления доставками должна быть неотъемлемым модулем автоматизированной системы управления предприятием, которое осуществляет доставку своих товаров клиентом. Подсистема должна формировать путь доставки, показывая оптимальный маршрут на карте. Для ее разработки такой подсистемы становится актуальным выбор алгоритма, позволяющего реализовать поиск пути, обеспечивающий не просто доставку во все запланированные точки, но и с минимальными ресурсами (кратчайшим путем). Кроме того, реализуемые в автоматизированной системе процедуры поиска не должны быть затратными по времени и объему занимаемой памяти. Таким образом, выбор алгоритма оптимального пути приводит к необходимости решать задачу многокритериальной оптимизации, требующей определенных предварительных исследований.

**Обзор и анализ алгоритмов поиска кратчайшего пути.** Для поиска кратчайшего пути при построении подсистемы целесообразно использовать такую структуру данных как графы [1, 2]. Поэтому будем анализировать популярные алгоритмы выбора пути, основанные на построении графов (методы обхода графов): поиск в ширину и в глубину [3], алгоритм Дейкстры [2], поиск по первому наилучшему совпадению (далее в тексте «жадный поиск») [4, 5], A\* (модифицированный алгоритм Дейкстры) [5].

Для выбора алгоритма поиска, который должен быть реализован в разрабатываемом модуле, необходимо определиться с критериями, по которым будем оценивать методы. В качестве критериев эффективности алгоритмов возьмем следующие показатели: взвешенность, полнота, оптимальность, временная и пространственная сложности [3].

Будем анализировать каждый алгоритм по выбранным критериям.

*Критерий 1. Взвешенность – это способность алгоритма учитывать стоимость или вес, связанный с каждым ребром в графе, при поиске кратчайшего пути. Этот критерий позволяет подобрать алгоритм, который для минимизации пути доставки берет в расчет стоимость проходимого пути от одной точки в другую.*

Алгоритм поиска в ширину (Breadth-first search, BFS) — это невзвешенный алгоритм, который предполагает, что все ребра в графе имеет одинаковую стоимость или вес. Поиск в глубину (Deep First Search, DFS) также является невзвешенным алгоритмом и не учитывает вес ребер в графе. Алгоритм Дейкстры — это взвешенный алгоритм, который учитывает стоимость (вес) каждого ребра при поиске кратчайшего пути. Жадный алгоритм — это взвешенный алгоритм, который использует эвристику для направления поиска к цели. Он учитывает только оценочную стоимость от текущего узла до цели и не учитывает фактическую стоимость пути. Алгоритм A\* — это взвешенный алгоритм, который объединяет стоимость пути от начального узла к текущему узлу с оценочной стоимостью от текущего узла до цели с использованием эвристической функции.

*Критерий 2. Полнота – это способность найти решение проблемы, если оно существует (в нашем случае, если такой путь существует). В случае ситуации, когда в графе имеются циклы, то поисковый алгоритм может заиклиться и не найти путь к конечному узлу. Данный критерий позволит подобрать алгоритм, для случая, когда в графах будут подобные циклы.*

Поиск в глубину не является полным алгоритмом, поскольку он может застрять в бесконечных циклах, если в графе есть локальные оптимумы. Жадный поиск также не является полным алгоритмом, поскольку он также может застрять в локальных минимумах и не найти оптимальное решение. Поиск в ширину — это полный алгоритм, который гарантированно найдет оптимальное решение, если оно существует, если граф не взвешен. Алгоритм Дейкстры также является полным алгоритмом и гарантирует нахождение оптимального решения, если оно существует, даже при наличии взвешенных ребер. Алгоритм  $A^*$  является полным алгоритмом и также гарантирует нахождение оптимального решения, если оно существует.

*Критерий 3. Оптимальность* – способность находить оптимальное решение, т. е. кратчайший или наиболее эффективный путь от начальной точки к целевому узлу в данном графе или сети. Данный критерий позволит выбрать алгоритм, подбирающий оптимальный путь.

Поиск в глубину не является оптимальным алгоритмом, поскольку он не обязательно находит кратчайший путь между двумя точками. Жадный поиск также не является оптимальным алгоритмом, поскольку он может застрять в локальных минимумах и не найти оптимального решения. Поиск в ширину оптимален, если граф не взвешен, поскольку он исследует узлы в порядке возрастания их расстояния от начального узла. Алгоритм Дейкстры является оптимальным, поскольку он исследует узлы в порядке возрастания их расстояния от начального узла, принимая во внимание веса ребер. Алгоритм  $A^*$  также является оптимальным, поскольку он исследует узлы в порядке возрастания их общей стоимости от начального узла к целевому узлу.

*Критерий 4. Временная сложность* – количество времени, которое требуется для исполнения операций алгоритма (в данном случае - алгоритма поиска пути, обеспечивающего обход всех пунктов назначения). Этот критерий позволит выбрать наиболее быстрый алгоритм.

*Критерий 5. Пространственная сложность* – это объем памяти, необходимый для выполнения алгоритма. Данный критерий позволит подобрать алгоритм с минимальными ресурсными затратами, что позволит в будущем не нагружать программный модуль, реализующий доставку товаров.

Для оценки методов по критериям 4-5 рассмотрим 6 примеров графов с различным количеством вершин ( $V$ ) и ребер( $E$ ), где вершина (узел) – это точка в доставке, а ребро – путь между точками доставки:

- граф №1:  $V=3$ ,  $E=3$  (рис.1);    граф №2:  $V=4$ ,  $E=5$  (рис.2);  
граф №3:  $V=6$ ,  $E=8$  (рис.3);    граф №4:  $V=10$ ,  $E=16$  (рис.4);  
граф №5:  $V=15$ ,  $E=22$ ;        граф №6:  $V=20$ ,  $E=40$ .

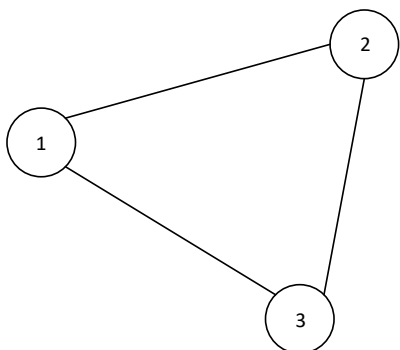


Рис 1. Пример графа №1

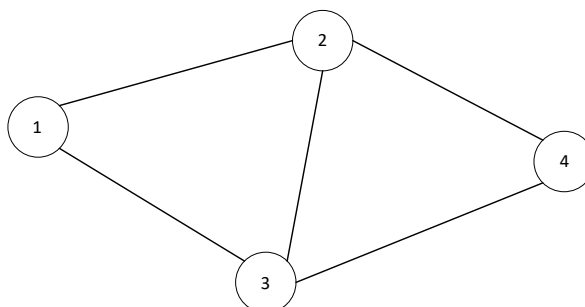


Рис 2. Пример графа №2

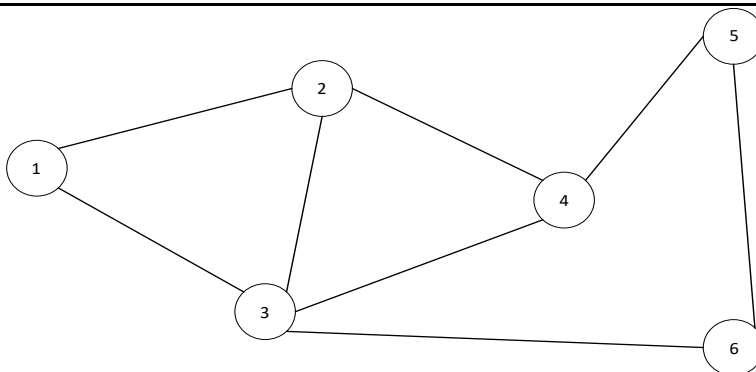


Рис 3. Пример графа №3.

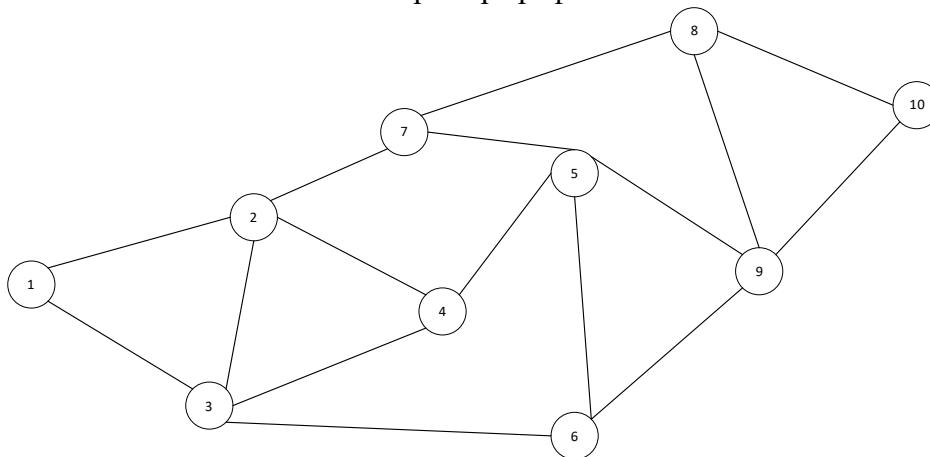


Рис 4. Пример графа №4

Значения временной сложности (Т) будем рассчитывать по следующим формулам [6]: для алгоритма Дейкстры:  $T = (V+E) \log V$ , для алгоритма A\*:  $T = V$ , для алгоритмов поиска в глубину и ширину:  $T = V + E$ , для алгоритма жадного поиска:  $T = b^d$ , где  $b$  – коэффициент ветвления,  $d$  – глубина целевого узла.

В таблице 1 приведены результаты расчета значений критерия «Временная сложность» по графам №1-№6.

Таблица 1 - Расчет временной сложности

№ графа	b	d	Алгоритм Дейкстры	A*	Поиск в глубину	Поиск в ширину	Жадный поиск
			Значения временной сложности алгоритмов				
1	2	2	2.8627	3	6	6	4
2	2	3	5.4185	4	9	9	8
3	3	4	10.8941	6	14	14	81
4	3	6	26	10	26	26	729
5	4	15	43.5154	15	37	37	14348907
6	5	25	78.0618	20	60	60	2.9802E+17

Для наглядного сравнения были построены диаграммы. На рисунке 5 приведена гистограмма, отображающая значения временной сложности по всем пяти алгоритмам для графов №1-№3, а на рисунке 6 – отдельно для графов №3-6.

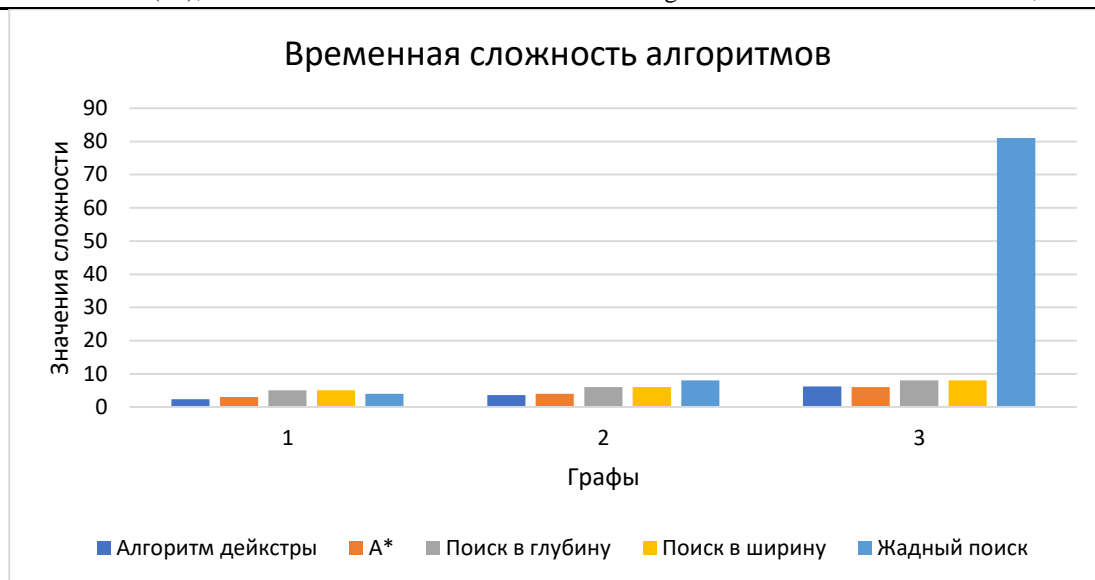


Рис.5. Значения временной сложности для графов №1-№3

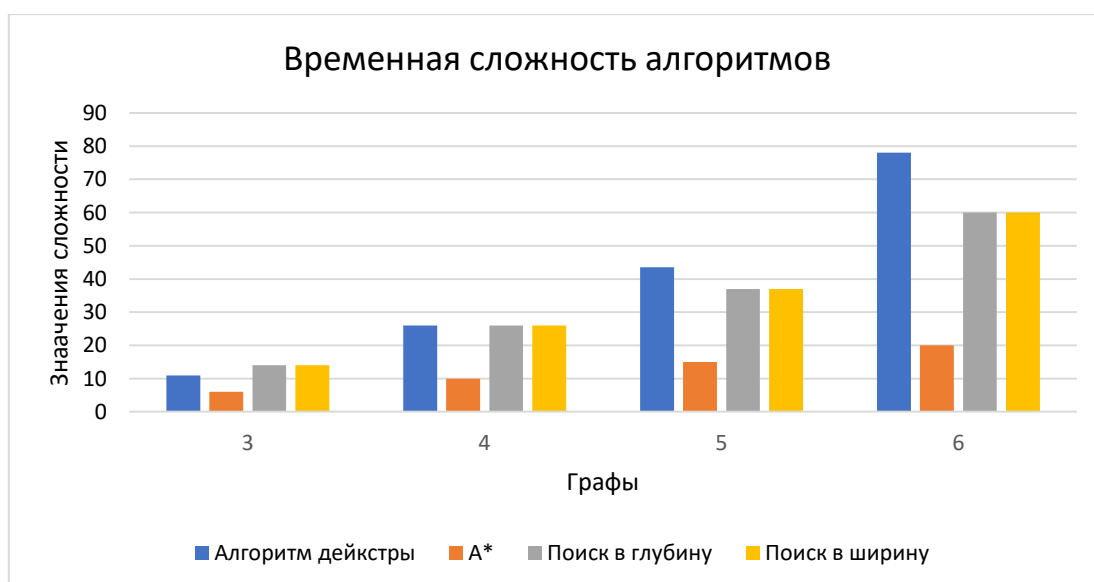


Рис.6. Значения временной сложности для графов №3-№6

На рисунке 7 приведен график, показывающий динамику изменения значений критерия «Временная сложность» с ростом количества узлов и ребер для алгоритмов Дейкстры, A\*, а также поисковых алгоритмов.

Анализируя рисунки, можно заметить, что у алгоритма Дейкстры при небольших количествах узлов временная сложность меньше, чем у алгоритмов поиска в глубину и поиска в ширину. Однако с ростом значений узлов и ребер графа временная сложность алгоритма Дейкстры растет практически по линейному закону, «уступая» алгоритмам поиска в глубину и ширину.

По рисунку 5 можно увидеть, что временная сложность алгоритма жадного поиска растет в степенной зависимости от глубины целевого узла (чем больше глубина целевого узла, тем больше данный алгоритм тратит временной ресурс), поэтому на рисунках 6 и 7 ее рассматривать нецелесообразно. Временная сложность алгоритма A\* с ростом узлов увеличивается незначительно.

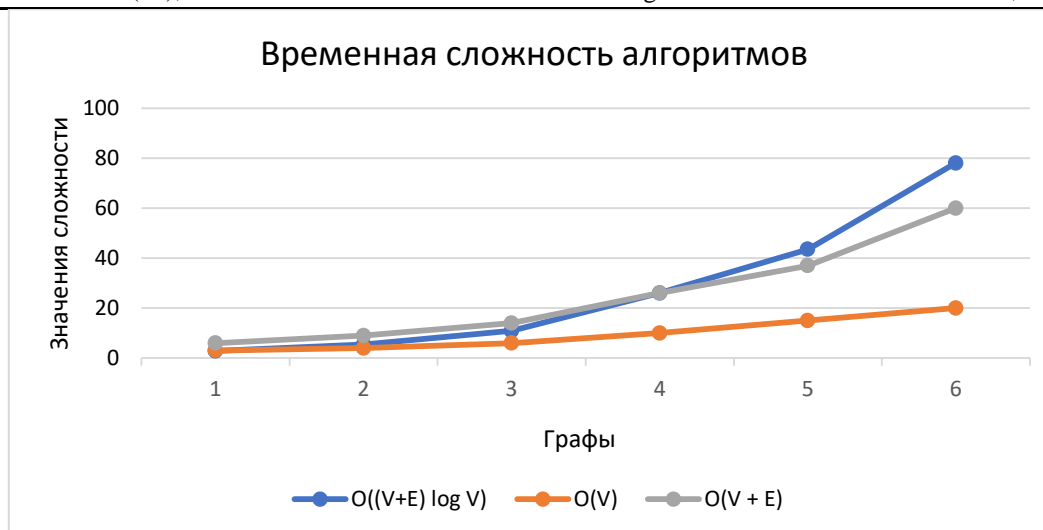


Рис.7. Динамика изменения значений критерия №4 в зависимости усложнения графов

Как видно из рисунков, для плотных графов с большим количеством ребер время выполнения по алгоритмам жадного поиска, поиска в ширину и глубину, а также алгоритма Дейкстры значительно возрастает по сравнению с алгоритмом  $A^*$ . Однако, для разреженных графов с малым количеством ребер, алгоритм Дейкстры работает достаточно эффективнее алгоритмов поиска в глубину и ширину. Таким образом, по критерию «Временная сложность» можно отметить, что наилучший вариант для реализации в программном модуле доставки – алгоритм  $A^*$ .

Для оценивания расчета значений критерия «Пространственная сложность» ( $O$ ) воспользуемся следующими формулами [4]: для алгоритмов Дейкстры,  $A^*$ , поисков в глубину и ширину  $O=V$ , а для жадного поиска  $O=b^d$ , где  $b$  и  $d$  – по-прежнему коэффициент ветвления и глубина целевого узла, соответственно. В таблице 2 приведены результаты расчета.

Таблица 2 - Расчет пространственной сложности

№ графа	b	d	Алгоритм Дейкстры	$A^*$	Поиск в глубину	Поиск в ширину	Жадный поиск
			Значения пространственной сложности				
1	2	2	3	3	3	3	4
2	2	3	4	4	4	4	8
3	3	4	6	6	6	6	81
4	3	6	10	10	10	10	729
5	4	15	15	15	15	15	14348907
6	5	25	20	20	20	20	2.980E+17

На рисунке 8 отображены гистограмма, отображающая пространственную сложность для алгоритмов в зависимости от роста узлов и ребер (графы №1-№3). Графы №4, №5 и №6 отображать на рисунке нецелесообразно из-за слишком больших значений критерия №6 для алгоритма жадного поиска.

Анализируя рисунок 8, можно заметить, что все алгоритмы, кроме алгоритма жадного поиска, имеют равные значения пространственной сложности. Таким образом, по критерию «Пространственная сложность» алгоритмы Дейкстры,  $A^*$ , поиска в глубину и поиска в ширину равнозначны.

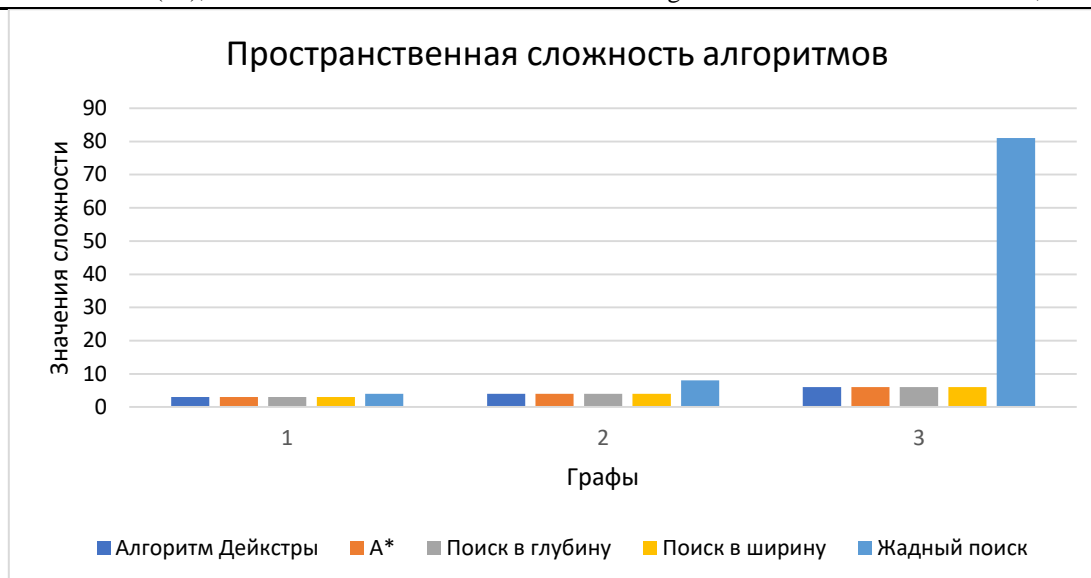


Рис.8. Значения пространственной сложности алгоритмов

Итоги анализа по всем пяти критериям сведены в таблицу 3. Исходя из показателей таблицы 3 и анализа по временной и пространственной сложности, для определения наиболее подходящего алгоритма рассчитаем числовую оценку каждого из них. Оценка будет производиться следующим образом: по критериям №1-№3 в зависимости от значений будет ставиться балл «0» для значений: «Невзвешенный» или «Нет»; балл «1» проставляется для значений «Взвешенный» или «Да». Для критерия №4 («Временная сложность») по результатам анализа, приведенным выше, будут ставиться баллы «0», «1», «2», а для критерия №5 («Пространственная сложность»)- «0» или «1». В итоге получили таблицу 4.

Таблица 3 - Результаты анализа алгоритмов поиска по критериям 1-5

Алгоритм	Крит.№1	Крит.№2	Крит.№3	Крит. №4	Крит.№5
Дейкстры	Взвешенный	Да	Да	$T((V+E) \log V)$	$O(V)$
A*	Взвешенный	Да	Да	$T(V)$	$O(V)$
Поиск в глубину	Невзвешенный	Нет	Нет	$T(V + E)$	$O(V)$
Поиск в ширину	Невзвешенный	Да	Да	$T(V + E)$	$O(V)$
Жадный	Взвешенный	Нет	Нет	$T(b^d)$	$O(b^d)$

Таблица 4 - Числовая алгоритмов поиска по критериям 1-5

Алгоритм	Крит.№1	Крит.№2	Крит.№3	Крит.№4	Крит.5	Итого
	Баллы					
Дейкстры	1	1	1	1	1	5
A*	1	1	1	2	1	6
Поиск в глубину	0	0	0	1	1	2
Поиск в ширину	0	1	1	1	1	4
Жадный	1	0	0	0	0	1

Из таблицы 3, можно увидеть, что по критериям анализа алгоритм Дейкстры уступает алгоритму A\*, только по критерию «Временная сложность». Это объясняется тем, что алгоритм A\* является улучшенной версией алгоритма Дейкстры: использование эвристической функции позволяет ускорить поиск. Таким образом, самым наилучшим

вариантом поиска кратчайшего пути для данной задачи является алгоритм А\*. Именно его целесообразно использовать в программном модуле доставки товаров.

**Разработка программного модуля.** На рисунке 9 в виде UML –диаграммы USE CASE [7] представлена концептуальная модель разрабатываемого программного модуля, реализующего управление доставкой товаров клиентам.

Вариант использования (функция) «Формирование маршрута» реализован с использованием алгоритма А\* (модифицированного алгоритма Дейкстры).



Рис.9. Концептуальная модель модуля доставки товаров

Программный модуль реализован в ASP.NET Core, который представляет собой кроссплатформенный фреймворк для создания веб-приложений на платформе .NET Язык программирования – С#. Для хранения данных использовалось СУБД POSTGRESQL, для создания фронт энда - HTML5/CSS/JQuery. Разработанный модуль внедрен в систему учета товаров интернет магазина «Nurbrand\_Bishkek» (в тестовом режиме).

На рисунке 10 отображено окно для курьера, показывающее оптимальный маршрут его движения из пункта А с целью обеспечения доставки товаров в пункты В, С, D, Е и F.

**Выводы.** Подбор алгоритма поиска оптимального пути для реализации в программном модуле (подсистеме) управления доставкой товаров является многокритериальной задачей.

Результаты исследования популярных алгоритмов поиска оптимального пути показали, что по совокупности различных критериев модифицированный алгоритм Дейкстры является наиболее эффективным для реализации его в программном модуле (подсистеме), обеспечивающем автоматизацию управления логистическими процессами. Разработанная на его основе подсистема может быть внедрена в любую систему управления предприятием.



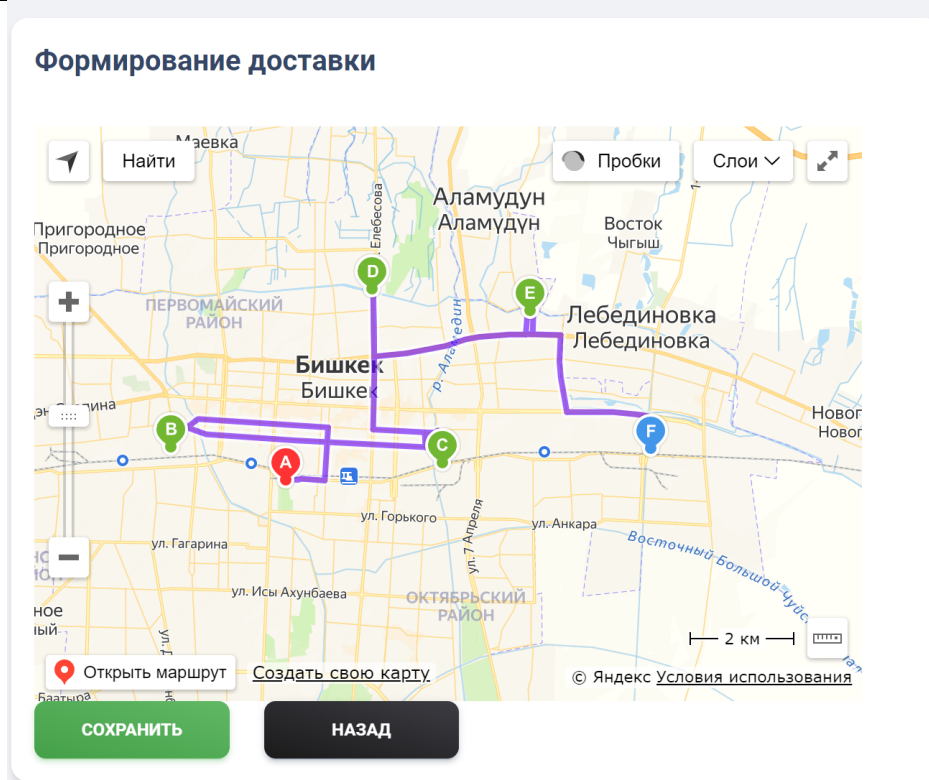


Рис.10. Окно формирования доставки

### Список литературы

1. Скиена, Стивен С. Алгоритмы. Руководство по разработке / Стивен С. Скиена – 3-е изд.— СПб.: БХВ-Петербург, 2022. — 848 с. — ISBN 978-5-9775-6799-2.
2. Рафгарден, Тим . Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры / Тим Рафгарден. – СПб: Питер, 2019. — 256с. – ISBN:978-5-4461-1272-2.
3. Бхаргава, А. Грокаем алгоритмы. Иллюстрированное пособие для программистов и любопытствующих / А. Бхаргава. – СПб.: Питер, 2017- 288 с. – ISBN:978-5-496-02541-6.
4. Кормен, Томас Х. Алгоритмы: построение и анализ / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л Ривест., Клиффорд Штайн, — 2-е издание — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2011. – 1296с. — ISBN 978-5-8459-0857-5.
5. Рафгарден, Тим. Совершенный алгоритм. Жадные алгоритмы и динамическое программирование / Тим Рафгарден. — СПб.:Питер, 2020. — 256с. — ISBN: 978-5-4461-1445-0.
6. Левитин, Анани. Введение в проектирование и анализ алгоритмов, / Анани Левитин – 3-е изд. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. - 576 с. - ISBN: 5-8459-0987-2.
7. Фаулер, Мартин. UML — основы / Мартин Фаулер, Кендалл Скотт. — 2-е издание. СПб.: Символ-Плюс, 2002. —192 с. — ISBN 5-93286-032-4.

УДК 553.2+539.4

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1773-1779

**Ж. К. Айдаралиев<sup>1</sup>, А. Т. Кайназаров<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Бишкек,  
Кыргыз Республикасы

<sup>1,2</sup>Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек,  
Кыргызская Республика

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1100-3237

<sup>2</sup>ORCID: 0009-0007-1602-652X

**Zh. Aydaraliev<sup>1</sup>, A. T. Kainazarov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Kyrgyz State Technical University n. a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e - mail: janlem@mail.ru, askar.kainazarov1@mail.ru

## БАЗАЛТ СЫРЬЕСУНАН ӨТӨ ИЧКЕ БУЛА ӨНДҮРҮҮНҮН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК НЕГИЗДЕРИ

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ БАЗАЛТОВОГО СЫРЬЯ В СУПЕРТОНКОЕ ВОЛОКНО

#### PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL BASES FOR THE PROCESSING OF BASALT RAW MATERIALS INTO SUPERFINE FIBER

*Өтө ичке була өндүрүү үчүн жергиликтүү базальт сырьесун кайра иштетүүнүн физика-химиялык жана технологиялык негиздери изилденди. Макалада, Кыргыз Республикасындагы кээ бир базальт тоо тектерин өтө ичке була өндүрүүдө сырьё катары колдонууга жарамдуулугун алдын ала баалоо үчүн кислоттуулук модулу жана эрүү турактуулугу химиялык курамы боюнча эсептелди. Электрагрегатындагы базальттын эрүү процесси изилденип, түбүнө чөгүп топтолгон полиметалл кошундусунун пайда болуу себептери негизделди жана полиметалл кошундусунун составындагы металлдардын пайыз менен алгандагы массасы спектралдык анализдин негизинде аныкталды. Үйлөмө бааштыктын жардамында базальт эритиндисинин булага айлануу процессинин физикалык закон ченемдүүлүгү изилденип, микро көлөмдөгү агымдарга ажыраган базальт эритиндисинин деформация ылдамдыгынын градиентинин ( $\alpha$ ), эритиндин илешкектүүлүгүнөн ( $\eta$ ) көз-карандылыгын көрсөткөн катыш алынды.*

**Түйүндүү сөздөр:** өтө ичке базальт буласы, базальт, кислоттуулук модулу, эрүү турактуулугу, эритинди, деформация ылдамдыгынын градиенти, эритиндин илешкектүүлүгү.

*Изучены физико-химические и технологические основы переработки местного базальтового сырья при производстве супертокого волокна. В статье рассчитаны модуль кислотности и постоянная плавкости по химическому составу для предварительной оценки пригодности некоторых базальтовых пород в Кыргызской Республике для использования в качестве сырья при производстве супертонких волокон. Исследован процесс плавления базальта в электроагрегате, обоснованы причины образования полиметаллического сплава, осаждаемого на дно, и на основе спектрального анализа определена масса металлов в составе полиметаллического сплава в процентах. С помощью дутевой головки была исследована физическая закономерность процесса переработки базальтового расплава в волокно и получено соотношение, показывающее зависимость градиента скорости деформации ( $\alpha$ ), базальтового расплава, разложенного на потоки микромасштаба, от*

вязкости ( $\eta$ ) расплава.

**Ключевые слова:** Базальтовое супертонкое волокно, базальт, модуль кислотности, постоянная плавкости, расплав, градиент скорости деформации, вязкость расплава.

*This article is studied the physicochemical and technological bases of processing of local basalt raw materials in the production of super-current fiber. The article calculates the acidity modulus and the fusibility constant by chemical composition for a preliminary assessment of the suitability of some basalt rocks in the Kyrgyz Republic for use as raw materials in the production of superfine fibers. The process of basalt melting in a power plant was studied, the reasons for the formation of a polymetallic alloy deposited on the bottom were substantiated, and, based on spectral analysis, the mass of metals in the composition of the polymetallic alloy in percent was determined. Using a blow head, the physical regularity of the process of processing basalt melt into fiber was studied and a relationship was obtained showing the dependence of the strain rate gradient ( $\alpha$ ), basalt melt, decomposed into microscale flows, on the viscosity ( $\eta$ ) of the melt.*

**Key words:** Superfine basalt fiber, basalt, acidity modulus, fusibility constant, melt, strain rate gradient, melt viscosity.

**Киришүү.** Азыркы учурда органикалык эмес була өндүрүүдө баштапкы сырьё катары ар түрдүү тоо тектери колдонулат: габбро, амфиболит, диабаз, базальт, андезит, алевролит жана башкалар. Мындай тоо тектеринин катмары жер бетинде миллиарддаган куб метрди түзөт, башкача айтканда, була өндүрүү үчүн жетиштүү десек болот. Мындан сырткары энергетика жана тоо-кен өнөр жайынын калдыктары, мисалы, күл жана шлак калдыктары жана руданы байытуудагы калдыктар практикалык кызыгууну туудурат [1, 3, 4, 5]. Пайдаланылган сырьенун түрүнө жараша минералдык була кээде таш, шлак, базальт буласы деп аталат.

Белгилүү болгондой, теги боюнча тоо тектер төмөнкүчө бөлүнөт: магмалык, чөкмө, метаморфизмдүү тектер. Көп сандагы түрдүү минералдардын ичинен өтө аз бөлүгү магмалык тоо тектердин пайда болушуна катышат жана басымдуу бөлүгүн силикаттар, алюмосиликаттар, жөнөкөй жана татаал оксиддер түзөт [1, 2].

Алардын ичинен минералдык органикалык эмес булаа өндүрүүдө негизги магмалык тектер ( $\text{SiO}_2$ - 45÷52%) ийгиликтүү колдонулат. Негизги тоо тектеринин химиялык составы 1-таблицада көрсөтүлдү.

Таблица 1 – Негизги тоо тектеринин химиялык составы

$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	CaO	MgO	MnO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	п.п.п.
40-55	0.3-3.0	11- 22	2-16	2-12	2-15	0.05- 0.23	1-5	0.04-0.44	0.2-3.6		

[3, 6, 7] макалалардын авторлору тоо тектерин эксперименталдык жана теориялык изилдөөнүн натыйжаларына таянып, ошондой эле эриген тоо тектердин физикалык жана технологиялык өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен төмөндөгүлөрдү белгилешкен:

- базальт булаларын өндүрүүдө тоо тектерин пайдаланууну алдын ала баалоо үчүн кислоттуулук жана илешкектүүлүк модулу химиялык курамы боюнча эсептелет.

- базальт булаларды өндүрүү үчүн сырьенун ылайыктуулугунун негизги критерийлери болуп эритиндинин беттик тартылуусу, илешкектүүлүгү жана анын температурага көз карандылыгы, кристаллдашуу жана нымдоо жөндөмдүүлүгү саналат, алар була үчүн температура диапазонунун төмөнкү жана жогорку чегин аныктайт.

Химиялык жана минералогиялык составы боюнча базальт тектери магмалык тектерден жогорку сапаттагы органикалык эмес була алуу үчүн эң жакшы сырьё болуп саналат. Базальттардын табигый химиялык жана термикалык туруктуулугу жогору, ошондуктан алардан алынган базальт булалары эң сонун сапатка жана жогорку физикалык-химиялык мүнөздөмөлөргө ээ.

**Изилдөө материалдары жана методдору.** Базальт буласын өндүрүүдө бир компоненттүү сырьё катары колдонулуучу магмалык тоо тектерге төмөнкүлөр кирет: габро, амфиболиттер, андезиттер, диабаздар, базальттар жана башкалар. Кыргыз Республикасындагы кээ бир базальт тоо тектеринин химиялык составы 2-таблицада берилди.

Таблица 2 – Базальт кендеринин химиялык составы

Түзүүчүлөрүнүн аталышы	Базальт, массалык үлүш, %					
	Өтө ичке булаларды өндүрүү үчүн талап	Сулу-Терек	Талды-Булак	Кашка-Суу	Тору-Айгыр	Семизбел
Кремнийдин кош оксиди, SiO <sub>2</sub>	46.0-52.0	45.00	48.27	48.85	47.00	42.99
Титандын кош оксиди, TiO <sub>2</sub>	0.5-2.5	2.00	1.75	1.98	1.91	1.72
Алюминийдин оксиди, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.0-18.0	14.00	13.98	15.72	13.7	13.53
Темирдин оксиддери, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	8.0-15.0	12.94	15.28	10.55	10.18	12.54
Кальцийдин оксиди, CaO	8.0-15.0	11.0	9.49	7.28	13.40	9.89
Магнийдин оксиди, MgO	3.5-10.0	4.0	5.32	5.14	3.68	11.22
Натрий менен калийдин оксиди, Na <sub>2</sub> O +K <sub>2</sub> O	2.0-10.0	4	4.45	4.41	4.12	5.38
Марганец оксиди, MnO, мындан ашык эмес	0.5	-	-	-	0.10	-
Күкүрттүн оксиди, SO <sub>3</sub> , мындан ашык эмес	0.5	-	0.42	0.87	0.21	0.57
Ысытуу кезинде жоготуусу (ы.к.ж.), мындан ашык эмес	5.0	5.0	-	5.2	5.40	2.16
Эркин абалдагы кварц, мындан ашык эмес	3.0	1.6	-	-	-	-
Фосфордун оксиди, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	-	0.30	-
Бардыгы, (%)	100	100	100	100	100	100

2 – таблицадан көрүнүп тургандай базальт сырьесунда темир оксиддери (16% га чейин), титан (2%), ошондой эле натрий жана калий оксиддери (жалпысынан 6% га чейин) бар, алар базальт эритиндисинин касиеттерине кординалдуу таасир этет. Эритинди алууда базальт тоо тегинин бардык минералдык компоненттери катышат. Алардын комплекстүү таасиринин өлчөмү кислоттуулук модулу ( $M_K$ ) менен мүнөздөлөт.

$$M_K = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2}{Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO + K_2O + Na_2O} \quad (1)$$

Мында  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  жана башкалар оксиддердин пайыз (%) менен алынган массалык катышы.

Тоо тектерин эритүүдө эң маанилүү касиети болуп эрүү ылдамдыгы саналат, бул көбүкчөлөрү жок бир тектүү массанын пайда болушуна алып келген факторлордун жыйындысына жараша болот. Эрүү ылдамдыгы температуранын өзгөрү жана эрүү процессинин узактыгы боюнча бааланат, аны отко чыдамдуу оксиддердин отко чыдамсыз оксиддерге болгон катышынын функциясы катары көрсөтсө болот. Тоо тектерине колдонулганда, эрүү турактуулугу  $T_{эр}$  төмөндөгүдөй аныкталат:

$$T_{эр} = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO}{MgO + CaO + K_2O + Na_2O} \quad (2)$$

Мында  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  жана башкалар оксиддердин пайыз (%) менен алгандагы массасы. Бул турактуулуктун мааниси канчалык аз болсо, тоо тектери ошончолук оңой эрийт. Базальт тоо тектери үчүн кислоттуулук чеги жана эрүү турактуулугунун эсептелген маанилери 3 – таблицада көрсөтүлдү.

Таблица 3 – Базальт тоо тектеринин кислоттуулук модулу жана эрүү турактуулугунун эсептелген маанилери

Аталышы	Базальт, массалык үлүш, %					
	Өтө ичке булаларды өндүрүү үчүн талап	Сулу-Терек	Талды-Булак	Кашка-Суу	Тору-Айгыр	Семиз-Бел
Кислоттуулук модулу, $M_K$	1.8-2.4	1.91	1.85	2.43	2.00	1.49
Эрүү турактуулугу, $T_э$	< 4.5	3.89	4.12	4.58	3.43	2.67

Кислоттуулугунун чеги жана эрүү турактуулугу боюнча бардык базальт кендери туура келет, бирок Сулуу-Терек, Тору-Айгыр, Семиз-Бел кендеринин базальты минималдуу мааниге ээ.

Базальт буласын алуу өндүрүшү төмөнкү удаалаштыктагы процесстер аркылуу ишке ашат: базальт тоо тегин талкалап майдалоо, атайын эритүүчү агрегаттарда майдаланган базальтты эритүү жана эритиндини булага айландыруу. Базальт шагылын туура даярдоо жогорку сапаттагы бир тектүү эритинди алуу үчүн өтө маанилүү.

Кыргыз Республикасында базальт буласын өндүрүүдө базальт тектерин эритүү үчүн электр энергиясын пайдалануу чоң мааниге ээ болууда. Иштелип чыккан электроагрегаттары конструкциясы боюнча жөнөкөй, өлчөмү боюнча кичине, алар айлана-чөйрөгө карата жылуулук жоготуулары аздыгы менен мүнөздөлөт, жылуулук режимин толук автоматташтырууга болот [3].

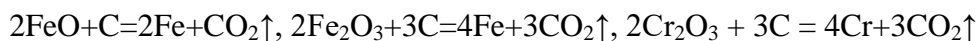
Базальт сырьесун эффективдүү эритүүнү камсыз кылуу максатында оптималдуу фракциядагы сырьё (базальт шагылы) даярдалат. Электроагрегатында эритүүгө даярдалган базальт сырьесунда майда фракциядагы сырьё жана башка кошулмалар болбошу зарыл. Ошондуктан сырьё атайын тешиктери бар көңдөй цилиндрлүү (тешиктердин диаметри 4 мм) аралаштыргычта агынды суу менен жуулат. Агынды суу менен жуулгандан кийин пайда болгон базальттын калдыгы (базальт куму) 18 %ды түзөт.

Кыргызстандагы базальт буласы өндүрүшүнүн негиздөөчүсү проф. Т.О. Ормонбеков жетектеген топ иштеп чыккан эритүүчү электрмешиндеги базальттын эрүү процесси

изилденди. Эритиндиде карама-каршы электроддордун ортосунда электр жаасы пайда болот. Электроддордун ортосундагы бөлүнүп чыккан кубаттуулукка жараша электр жаасынын борборунда температура  $2500-2700^{\circ}\text{C}$  жетет.

Мындай кубаттуулук кичине көлөмдөгү затты жогорку температурага чейин ысытып, затты жөнөкөй иондук бөлүктөргө ажыроого алып келет.

Графит жогорку температурада металлдардын кычкылынын таза металлга чейин калыптануу реакциясынын жүрүшүнө түрткү берет.



Эритиндиде жайгашкан башка кычкылдардын калыптануу реакциясы жүрөт. Эритиндин тыгыздыгынын чени  $1,8-2,4 \text{ г/см}^3$ га чейинки аралыкта сакталат. Ал эми темирдин тыгыздыгы  $7,8 \text{ г/см}^3$ . Хромдун тыгыздыгы  $7,2 \text{ г/см}^3$ . Никелдин тыгыздыгы  $8,9 \text{ г/см}^3$ .

Металлдардын тыгыздыгы эритиндин өзүнүн тыгыздыгынан чоң болгондуктан, гравитациялык катмарга бөлүнүү процесси орун алып, оор металлдар мештин түбүнө чөгүп полиметалл кошундусу пайда болот. Пайда болгон полиметалл кошундусунун спектралдык анализдин негизинде аныкталган химиялык курамы: Fe – 38.75%, Al – 0.06%, Ni – 8.1%, Cu – 3.25%, Mn – 25.09%, Cr – 24.53%, Ca – 0.06%, Mg – 0.05%, In – 0.11%.

Өтө ичке була алуунун бардык белгилүү методдорунда була пайда болуу процесси мүмкүн болгон негизги фактор катары эритиндин элементардык агымдарга ыдырашын жана энергия ташуучунун таасири астында созулушун карашат. Ошондой эле бардык өндүрүш ыкмаларында эритиндин илешкектүүлүгү жана беттик тартылуусу була алуу процессине таасир этүүчү эң маанилүү касиеттери болуп эсептелет.

Үйлөмө баштыкта базальт эритиндиси микро көлөмдөгү агымдарга ажырап жогорку ылдамдыктагы суу буусунун таасиринде созулуп өтө ичке булага айланат. (2-сүрөт).

Илешкектүү агуу теориясына ылайык үйлөмө баштыкта, микро көлөмдөгү агымдарга ажыраган базальт эритиндиси, жылышуу серпилгичтүүлүгүнөн ажыраган жана учтарына  $\pm F$  созуу күчү таасир эткен стержень катары карайбыз [8].



2-сүрөт. Базальт эритиндисинин булага айлануу процесси

Мына ушул процесс үчүн энергобаланс теңдемесин жазыбыз:

$$\frac{3}{2}\eta V\alpha^2 + \frac{d(\sigma S)}{dt} = \frac{1}{2}Fl\alpha \quad (3)$$

Мында  $\eta$  – базальт эритиндисинин илешкектүүлүгү;  $V$  – созулган эритиндинин көлөмү;  $\alpha$  – деформациясынын ылдамдыгынын градиенти;  $\sigma$  – базальт эритиндисинин беттик тартылуусу;  $S$  – бетинин аянты;  $F$  – созуу күчү;  $l$  – узундугу.

Теңдеменин биринчи мүчөсү диссипация күчү аткарган жумушту, экинчи мүчөсү беттик энергиянын өзгөрүү ылдамдыгын аныктайт, оң жагы сырткы күчтүн аткарган жумушун туюнтат.

Эритиндинин тыгыздыгы муздаган учурда көп өзгөрбөгөн шартта массанын сакталуу законунун негизинде төмөнкүнү алабыз:

$$V = V_0 = \frac{\pi d^2 l}{4} = \frac{\pi d_0^2 l_0}{4} \quad (4)$$

Мында,  $V$  – буланын көлөмү;  $V_0$  – базальт эритиндисинин көлөмү;

Энергобаланс теңдемесинин экинчи мүчөсүн (4) негизинде өзгөртүп, (3) теңдемени төмөнкүдөй жазсак болот:

$$\frac{3}{2} \eta V \alpha^2 + \sigma \sqrt{\pi V / l} \cdot \frac{dl}{dt} = \frac{1}{2} F l \alpha \quad (5)$$

(5) – теңдемеден микро көлөмдөгү агымдарга ажыраган базальт эритиндисинин деформация ылдамдыгынын градиентин аныктаган формуланы алабыз:

$$\alpha = \frac{1}{3\eta} \left( P - \frac{2\sigma}{\sqrt{dl}} \right) \quad (6)$$

Мында,  $P$  – суу буусунун басымы;  $d$  – базальт буласынын диаметри;

Базальт эритиндисинин маанилүү технологиялык мүнөздөмөсү катары эритиндинин илешкектүүлүгүнүн өсүү ылдамдыгы температурасынын төмөндөөсү менен шартталып, илешкектүүлүктүн өзгөрүү интервалын аныктайт. Ал эми беттик тартылуу күчүнүн таасири негизинен сфера, тамчы сымал жана созулган формадагы «мончоктор» түрүндөгү калдыктарды пайда кылат.

4-таблицада эритиндинин технологиялык параметрлери жана деформация ылдамдыгынын градиентинин эсептелген маанилери берилди:

Таблица 4 – Сулуу-Терек кенинин базальт эритиндисинин технологиялык параметрлери жана деформация ылдамдыгынын градиентинин эсептелген маанилери

Технологиялык параметрлери	Температурасы $t, ^\circ\text{C}$ кезинде илешкектүүлүгү $\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$				
	1450	1400	1350	1300	1250
	4.7	8.4	14.0	24.5	47.0
$P, \text{кгкүч}/\text{см}^2$	4-6				
$d, \text{мкм}$	0.5-2.5				
$\sigma_{\text{ср}}, \text{Н}/\text{м}$	0.2-0.5				
$\alpha, \text{с}^{-1}$	$4.1 \cdot 10^4$	$2.3 \cdot 10^4$	$1.4 \cdot 10^4$	$7.9 \cdot 10^3$	$4.1 \cdot 10^3$

4-таблицадан көрүнүп тургандай электроагрегаттагы базальт эритиндисинин температурасынын төмөндөөсүнө ( $1450-1250^\circ\text{C}$ ) жана илешкектүүлүгүнүн өсүү тездигине жараша деформация ылдамдыгынын градиенти азаят.

Демек, каралып жаткан өндүрүш технологиясынын шартында була алуу процесси базальт эритиндисинин микро көлөмдөгү агымынын деформация ылдамдыгынын градиентинин чеги  $4.1 \cdot 10^4 - 4.1 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$  чейинки аралыкта болгондо ишке ашат. Ал эми деформация ылдамдыгынын градиенти аныкталган чектен сыртта калганда, эритиндинин 15-25 %ы сфера, тамчы сымал жана созулган формадагы «мончоктор» түрүндөгү калдыктарга айланып, эритинди чыгымдалат.

### Корутунду

1. Өтө ичке базальт буласын өндүрүүдө тоо тектерин пайдаланууну алдын ала баалоо үчүн кислоттук модулу ( $M_K$ ) жана эрүү турактуулугу ( $T_3$ ), сырьенун химиялык составы боюнча эсептелди.

2. Электрагрегатынын түбүнө чөгүп топтолгон полиметалл кошундусунун пайда болуу себептери негизделди жана полиметалл кошундусунун курамындагы металлдардын пайыздык катышы аныкталды.

3. Эритиндинин булага айлануу процессинин физикалык закон ченемдүүлүгү үйлөмө баштыктын жардамында негизделди. Микро көлөмдөгү агымдарга ажыраган базальт эритиндисинин деформация ылдамдыгынын градиентинин ( $\alpha$ ), эритиндин илешкектүүлүгүнөн көз-карандылыгын ( $\eta$ ) көрсөткөн катыш алынды.

### Адабияттар тизмеси

1. Аблесимов, Н.Е. Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах / Н.Е. Аблесимов, А.Н. Земцов // Базальты: от извержения до волокна. – Москва: 2010. – 400 с.

2. Айдаралиев, Ж.К. Минералогические фазы, образующиеся при кристаллизации расплавленных магматических горных пород / Ж.К. Айдаралиев, Ю.Х. Исманов, А.Т. Кайназаров и др.]// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №2. – С. 7-11.

3. Ормонбеков, Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон / Т.О. Ормонбеков. – Бишкек: Илим, 2005. – 152 с.

4. Меньшикова, Е.А. Отходы как сырье для производства базальтового волокна / Е.А. Меньшикова, Б.М. Осовецкий, К.П. Казымов, С.М. Блинов // Базальтовые технологии. – 2012. – октябрь-декабрь. - С. 21-23.

5. Волокитин, О.Г. Силикатные материалы – сырье для производства минеральных волокон / О.Г. Волокитин, Г.Г. Волокитин, Н. К. Скрипникова, В. В. Шеховцов // Перспективные материалы в технике и строительстве. – 2010. – С. 348-349.

6. Татаринцева, О.С. Особенности плавления горных пород и волокнообразования из расплавов / О.С. Татаринцева, Д.Е. Зимин // Ползуновский вестник. – 2006. – №2. – С. 158-162.

7. Дубровский, В.А. Базальтовые расплавы для формования штапельного волокна / В.А. Дубровский, В.А. Рычко, Т.М. Бачило и др. // Стекло и керамика. – 1968. – №12. – С.18-20.

8. Бегляров, Э.М. Физический механизм процесса волокнообразования / Э.М. Бегляров, В.М. Ковылов // Огнеупоры. – 1980. – № 6. – С. 27-29.



**А.А.Асанов, Н.К.Джаманкызов, Б.Т.Мекенбаев**

УИА академик Ж. Жеенбаев атындагы физика институту, Бишкек,  
Кыргыз Республикасы

Институт физики им. академика Ж. Жеенбаева НАН, Бишкек, Кыргызская Республика

**A.A.Asanov, N.K.Dzhamankyzov, B.T. Mekenbaev**

Institute of Physics. Academician Zh. Zheenbaev National Academy of Sciences of the Kyrgyz  
Republic, Bishkek

*e-mail:* asanov52@mail.ru, nasip49@gmail.com, mekenbt@mail.ru

## РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА УГЛЯ

## КӨМҮРДҮН ПИРОЛИЗ ПРОЦЕССИНДЕ ЖЫЛУУЛУК АЛМАШУУ МЕХАНИЗМДЕРИН ЭСЕПТИК-ТЕОРИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨ

## COMPUTATIONAL AND THEORETICAL STUDY OF HEAT TRANSFER MECHANISMS IN THE PROCESS OF COAL PYROLYSIS

*Көмүрдөн жарым кокс алуу үчүн аларды пиролизердик реактордо аралаштыруу учурунда катуу жылуулук алып жүрүүчүлөрү менен чубурма материалдарды ысытуу каралат. Жылуулук балансынын теңдемесинин жөнөкөйлөштүрүлгөн түрүн колдонуу менен көмүрдүн көлөмдөгү бөлүкчөлөрүн керектүү температурага чейин ысытууну камсыз кылуу үчүн катуу муздатуучу материалдын өлчөмү кандайча аныкталганы көрсөтүлгөн. Аралашма компоненттеринин реактордогу кыймылынын убактысына жараша температуралары үчүн аналитикалык формулалар табылып, алардын геометриялык жана термофизикалык параметрлерине жараша аралашма компоненттеринин тең салмактуулук температурасына жетүү убактысын аныктоого мүмкүнчүлүк түзүлдү. Алынган моделдештирүү натыйжалары эксперименталдык маалыматтар менен жакшы дал келет. Ошондуктан, сунуш кылынган моделди пиролиздик машиналарды конструкциялоодо жана башка бир катар инженердик маселелерди чечүүдө колдонууга болот.*

**Түйүндүү сөздөр:** жапырт материалдар; катуу жылуулук алып жүрүүчүлөр; жарымкокс; пиролиз; көмүр; температура; жылуулук алмашуу.

*Рассмотрен нагрев сыпучих материалов твердыми теплоносителями при их смешивании в реакторе-пиролизере для получения полукокса из угля. С помощью упрощенного вида уравнения теплового баланса показано как определяется количество материала твердого теплоносителя для обеспечения нагрева сыпучих частиц угля до требуемой температуры. Найдены аналитические формулы для температур компонентов смеси в зависимости от времени их движения в реакторе, что позволило определить время наступления равновесного значения температуры компонентов смеси в зависимости от их геометрических и теплофизических параметров. Полученные результаты моделирования дают хорошее совпадение с экспериментальными данными. Следовательно, предложенная модель может быть использована при проектировании пиролизных машин и при решении ряда других инженерных задач.*

**Ключевые слова:** сыпучие материалы; твердый теплоноситель; полукокс; пиролиз; уголь; температура; теплообмен.

*The heating of bulk materials with solid heat carriers during their mixing in a pyrolyzer reactor to obtain semi-coke from coal is considered. Using a simplified form of the heat balance equation, it is shown how the amount of solid coolant material is determined to ensure heating of*

*bulk coal particles to the required temperature. Analytical formulas are found for the temperatures of the mixture components depending on the time of their movement in the reactor, which made it possible to determine the time for the equilibrium temperature of the mixture components to reach, depending on their geometric and thermophysical parameters. The obtained simulation results are in good agreement with the experimental data. Therefore, the proposed model can be used in the design of pyrolysis machines and in solving a number of other engineering problems.*

**Key words:** *bulk materials; solid coolant; char; pyrolysis; coal; temperature; heat exchange.*

**Введение.** Кыргызская республика, бедная на нефть и газ, обладает огромными запасами дешевого местного топлива - угля, общие геологические ресурсы которых оцениваются более чем в 6,4 млрд. тонн. Тем не менее, потребности топливно-энергетического комплекса республики покрываются за счет снижения объемов добычи местного угля и увеличения объемов импорта нефти, природного газа и угля для северных регионов республики [1].

Ограничение использования твердого топлива связывают с большим ущербом окружающей среде от угольной энергетики, транспортными затратами при доставке угля до потребителя, а также качеством бурых углей, характеризующихся низкой калорийностью и высоким содержанием летучих веществ и влаги. Данная ситуация привела к устойчивой ориентации предприятий на использование угля в узком топливном сегменте - только для генерации энергии. Вместе с тем, экономический и технологический потенциал таких углей может быть реализован путем использования их как сырья для получения экологически «чистых» топливных продуктов с повышенными потребительскими свойствами. В этом случае выбросы вредных веществ при использовании таких продуктов из угля в разы ниже, чем в случае прямого их сжигания.

Создание новых, экологически чистых продуктов переработки бурых углей, и вовлечение их потенциала в экономику страны, предопределили необходимость разработки технических систем для их производства. Важная роль в таких системах отводится пиролизным установкам. Применение пиролизных установок с подвижным слоем, в отличие от других технологий, в которых используются аналогичные процессы (сжигание, сушка, обжиг), имеет свою особенность, причем имеющиеся рекомендации по их применению невозможно полностью использовать из-за значительных различий исходных условий, рабочих процессов и требований к конечной продукции. Такая же ситуация с использованием твердых теплоносителей, нашедших применение при производстве жидкого топлива из сланцев [2].

Следует отметить, что в последнее время наблюдается устойчивая тенденция увеличения интереса как к твердым продуктам термической переработки угля, так и к жидким или газообразным. Недостаточная изученность технологии высокоскоростного пиролиза угля является основной причиной ее неостребованности в производстве. Отмеченные обстоятельства определяют актуальность проблемы разработки научно обоснованной теории, расчета и проектирования пиролизных установок со шнековыми напорными органами для скоростного полукоксования углей [1-2].

В решении указанной проблемы имеются определенные подвижки, тем не менее, потребность в развитии теоретических и прикладных основ создания пиролизных установок для полукоксования углей со шнековыми органами возрастает. Имеющаяся научно-техническая литература не позволяет получить полной информации о параметрах комплексов для полукоксования углей в кипящем слое и твердым теплоносителем, степени их обоснованности, рекомендаций по применению, выбору параметров в зависимости от свойств угля, предъявляемых требований к качеству получаемой продукции, показателям производительности оборудования. Все это послужило основой для проведения исследований пиролиза угля.

Результаты моделирования нагрева дисперсных материалов представлены во многих работах, в том числе в работах [3-7,11]. Получено много полезных результатов. Например, в [3] на основе уравнения теплового баланса с помощью численного эксперимента установлено, что мелкая фракция сланца (1–7 мм) прогревается в течение 30–60 с и в дальнейшем становится источником тепла для более крупных частиц. При этом в интервале времени 500–600 секунд после подачи исходного сланца наступает режим теплового равновесия и происходит последующий процесс низкотемпературной карбонизации в режиме изотермической выдержки. В работе [7] представлена одномерная стационарная численная модель пиролиза угля твердым теплоносителем в движущемся слое, где показано, что размер частицы существенно влияет на скорость нагрева, а доля шихты является определяющим фактором пиролиза. Автор работы [8], также с помощью численного эксперимента, показал, что изменение соотношения материалов или начальной температуры горючего сланца изменяет равновесную температуру и время, необходимое для ее достижения. При этом в работе в качестве теплопередачи учтены механизмы конвективного теплообмена в критериальной форме и межчастичное тепловое излучение. В основе идеи рассмотрения теплопередачи между частицами и жидкостью в пористой среде лежит одночастичный подход, т. е. ситуация рассмотрена для одной частицы. Соответствующие значения масштаба длины и скорости совместно с геометрической функцией достаточны, чтобы сопоставить результаты, полученные для одиночной частицы, с результатами для упаковки [7-8].

В настоящей работе рассматривается теория нагрева равномерно смешанных смесей мелких частиц бурого угля с нагретыми частицами (зола или другие материалы) теплоносителя, которые перемещаются по длине шнека со скоростью  $u$ .

**Целью работы** является создание математической модели в приближении, не учитывающем разложение минеральных летучих веществ, получение аналитических выражений, которые дают возможность быстро рассчитать материальные и энергетические потоки, выявить и оценить факторы, влияющие на нагрев, учет которых, в свою очередь, позволит создать требуемую конструкцию оборудования для обеспечения оптимальных режимов работы реактора.

**Расчет температур компонентов смеси.** Рассмотрим процесс нагревания твердого топлива (коксового угля) нагретыми теплоносителями в реакторе-пиролизере шнекового типа. Для выяснения основных закономерностей теплообмена между частицами твердого топлива и теплоносителя воспользуемся моделью идеального вытеснения, в которой каждый элементарный объем движущейся среды рассматривается перемещающимся вдоль оси реактора, который, в свою очередь, рассматривается как замкнутая система. Будем считать, что на входе в шнековый реактор происходит мгновенное и равномерное смешение частиц топлива и теплоносителя (это предположение оправдано ввиду наличия шнекового смесительного устройства в реакторе).

Рассмотрим некоторый объем  $dV$  произвольного слоя, заполненного частицами теплоносителя и угля, который движется вдоль оси пиролизера и происходит теплообменный процесс низкотемпературного коксования. При известной (требуемой) мощности реактора по топливу можно написать уравнение теплового баланса, позволяющее находить нужное количество (расход) теплоносителя, достаточное для нагрева топлива до заданной температуры. В первом приближении теплоту разложения органического вещества просто не будем учитывать. Тогда уравнение теплового баланса, описывающее теплообмен между частицей теплоносителя и частицей угля, имеет вид

$$M_1 c_1 (T_1(\tau) - T_{1,0}) + M_2 c_2 (T_2(\tau) - T_{2,0}) = 0 \quad (1)$$

где  $M_1, c_1, M_2, c_2$  - массовый расход (кг/с), теплоемкость частиц теплоносителя и топлива ( $M_2$  - требуемый массовый расход топлива для рассматриваемого реактора) соответственно:  $T_{1,0}, T_{2,0}, T_1(\tau), T_2(\tau)$  - начальные и конечные значения в зависимости от времени  $\tau$  температуры теплоносителя и топлива.

Из соотношения (1) видно, что на начальном этапе остывающие частицы теплоносителя и нагревающиеся частицы топлива имеют различные значения температуры, т.е.  $T_1(\tau) \neq T_2(\tau)$ . Через некоторое время, при  $\tau = \tau_0$ , их температуры выравниваются и в системе устанавливается равновесное значение температуры  $\theta(\tau_0) = T_1(\tau_0) = T_2(\tau_0)$ . В этом случае уравнение (1) в области  $\tau \geq \tau_0$  преобразуется к виду

$$M_1 c_1 (\theta(\tau_0) - T_{1,0}) + M_2 c_2 (\theta(\tau_0) - T_{2,0}) = 0. \quad (2)$$

При  $\tau > \tau_0$  процесс в смеси происходит в изотермическом режиме. Выражение (2) позволяет находить долю горячих частиц теплоносителя, которая необходима для того, чтобы нагреть частицы топлива до наступления равновесной температуры смеси

$$n = \frac{M_1}{M_2} = \frac{c_2 (\theta(\tau_0) - T_{2,0})}{c_1 (T_{1,0} - \theta(\tau_0))}, \quad (3)$$

Следовательно, при известном расходе материала топлива  $M_2$  и при учете характеристик рассматриваемого реактора, можно определить расход материала теплоносителя, необходимый для доведения температуры смеси до ее равновесного значения  $M_1 = n M_2$ .

Например, при смешивании керамических (шамотных) шариков с температурой  $T_{1,0} = 600^\circ\text{C}$  и теплоемкостью  $0,88 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$  с частицами угля с температурой  $20^\circ\text{C}$  и теплоемкостью  $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , для достижения равновесной температуры  $\theta(\tau_0) = 500^\circ\text{C}$  требуется, согласно (3), частиц теплоносителя в шесть раз больше,  $n \approx 6,02$ , чем частиц топлива. Для стальных шариков с теплоемкостью  $c_1 = 0,409 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$  число  $n$  станет еще больше,  $n \approx 13$ . Если в качестве частиц теплоносителя взять нагретую золу сланца, то, согласно (3), получим  $n \approx 5,3$ , т. е. доля частиц теплоносителя уменьшается. Из сказанного видно, что выгодней всего в качестве теплоносителя брать частицы материала с теплоемкостью  $c_1 > c_2$  или тот же материал, который нагревают, поскольку в этом случае  $c_2 = c_1$ . Поэтому на практике часто нагрев мелкодисперсных углей осуществляется нагретой золой этого же сорта угля. Следствием такого выбора является увеличение количества обрабатываемых топливных материалов в пиролизере, поскольку в этом случае уменьшается расход массы теплоносителя. Для этого случая, согласно (3), требуемая доля теплоносителя легко определяется через отношение разностей соответствующих температур.

Далее рассмотрим уравнение теплового баланса для диапазона времени  $0 \leq \tau \leq \tau_0$ , которое можно записать в следующем виде

$$\beta (T_1(\tau) - \theta) + (T_2(\tau) - \theta) = 0, \quad (4)$$

где

$$\beta = \frac{M_1 c_1}{M_2 c_2}.$$

Однако, уравнение (4) не вносит никакого вклада в выяснение физической сущности процесса переноса теплоты в исследуемом объеме смеси. Поэтому для переноса тепла от горячей частицы теплоносителя к частицам топлива требуется еще одно уравнение, учитывающее все механизмы теплопередачи и имеющее вид

$$\rho_2 V_2 c_2 dT_2 = \alpha_{\text{эф}} S_2 (T_1(\tau) - T_2(\tau)) d\tau, \quad (5)$$

Здесь  $\rho_2$  - плотность частиц топлива,  $\alpha_{\text{эф}}$  - суммарный коэффициент теплоотдачи. Как видно из (5), непременным условием возникновения теплового потока является наличие разности температур между частицами в смеси, под действием которой происходит перенос тепла. Количество передаваемого тепла определяется суммарной величиной теплоотдачи за промежуток времени, в течении которого градиент температур падает до нуля, и площадью поверхности частиц топлива в рассматриваемом объеме смеси.

Различают три элементарных вида теплообмена: теплопроводность, конвекцию и лучистый теплообмен. Однако, в дисперсной среде теплопередача не ограничивается одной

теплопроводностью, как в сплошных средах, а складывается из следующих, одновременно действующих процессов: а) теплопроводность от одной твердой частицы к соседней в местах их непосредственного контакта - контактная теплопередача -  $\alpha_k$ ; б) молекулярная теплопроводность в среде, заполняющий промежутки между частицами -  $\alpha_m$ ; в) излучение от частицы к частице -  $\alpha_n$ ; г) конвекция газа и влаги, содержащихся между частицами. Рассмотрим роль всех механизмов теплопередачи и установим те пределы, в которых пренебрежение ими оказывается закономерным.

Механизм (а): Частицы топлива-угля окружены соседними частицами теплоносителя в пиролизере с подвижным слоем. Площадь контакта между двумя сферическими частицами (теплоносителя и топлива) в движущемся слое зависит от размера частиц, деформации при нагреве, рабочих параметров и т. д. [7-8]. Следует отметить, что диаметр контакта  $d_{pa}$  между углем и частицей теплоносителя рассчитать сложно. Предложение Лыкова [9] дает ориентир для оценки диаметра контакта, а именно  $d_2 = 0,2 d_1$ . Исходя из этого, отношение площади контакта к площади поверхности угля можно рассчитать и выразить как  $R_{ac}$ . Для каждой расчетной единицы объема в движущемся слое площадь поверхности теплоносителя и топлива-угля может быть приблизительно описана выражением (3).

Кондуктивный (т.е. через теплопроводность) теплообмен между частицами теплоносителя и топлива-угля определяется уравнением [7]

$$\alpha_k = \frac{2k_1k_2}{k_1 + k_2} (1 - R_{12}) \frac{1}{d_1 + d_2}, \quad (6)$$

Механизм (б): теплопередачу в основном осуществляется посредством теплового движения, т. е. теплопроводностью воздушного слоя, заполняющего свободный объем между частицами. Коэффициент теплоотдачи с молекулярной теплопроводностью воздуха -  $\lambda_b$  имеет вид

$$\alpha_m = \frac{\lambda_b}{d_2} Nu \quad (7)$$

где  $Nu$ - число Нуссельта.

Механизм (в): Радиационный теплообмен между поверхностями частиц теплоносителя и угольных частиц зависит от разницы температур.

Коэффициент теплоотдачи радиационного теплообмена при переносе теплоты посредством излучения между частицами теплоносителя и топлива-угля можно представить в виде

$$\alpha_n = \gamma \sigma (1 - R_{12}) \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2}, \quad (8)$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> · К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана-Больцмана,  $\gamma$ - степень черноты, определяемая экспериментально.

Механизм (г): естественная конвекция, возникающая в слое материала под действием температурного градиента, который обусловлен различием в плотности воздуха, заполняющего промежутки между частицами смеси. Характерной особенностью этого теплообмена является то, что перенос тепла сопровождается и перемещением самого воздуха. Несмотря на большую сложность теоретического рассмотрения естественной конвекции, после ряда допущений установлено [11], что: а) количество тепла, передаваемого посредством теплопередачи, линейно зависит от радиуса частицы, б) конвекционный ток в мелкозернистой среде практически отсутствует, в) естественная конвекция начинает проявляться в межчастичном пространстве размером более 10 мм, но максимально возможный процент этого вида теплообмена в общей теплопередаче составляет 5,5% [11]. Поскольку в данной работе исследуются мелкозернистые материалы, то вклад конвективного теплообмена можно считать пренебрежительно малым.

Вынужденная конвекция возникает под действием посторонних факторов. Как правило, скорость потока при вынужденном движении значительно больше, чем при свободном, поэтому интенсивность теплоотдачи в этом случае будет выше. Однако, в рассматриваемой

задаче отсутствует вынуждающая причина, вызывающая движение газа, а значит необходимость ее учета тоже отпадает.

Таким образом, выражение для эффективного коэффициента теплоотдачи будет иметь вид

$$\alpha_{эф} = \frac{2k_1k_2}{k_1 + k_2} (1 - R_{12}) \frac{1}{d_1 + d_2} + \frac{\lambda_b}{d_2} Nu + \gamma\sigma(1 - R_{12}) \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2} \quad (9)$$

Поскольку в (5) температуры частиц смеси изменяются до их равновесного значения -  $\theta$ , то разность температур, если представить ее в виде

$T_1(\tau) - T_2(\tau) = T_1(\tau) - \theta + \theta - T_2(\tau)$  и используя (4), после несложных преобразований уравнение (5) запишем в виде

$$\frac{dT_2}{\theta - T_2(\tau)} = - \frac{6\alpha_{эф}}{\rho_2 c_2 d_2} \left( 1 + \frac{T_{1,0} - \theta}{\theta - T_{2,0}} \right) d\tau, \quad (10)$$

Интегрируя это уравнение от  $T_{2,0}$  до  $\theta$ , находим время  $\tau_0$  – момент времени, при котором в смеси установится равновесное значение температуры

$$\tau_0 = \frac{\rho_2 c_2 d_2}{6\alpha_{эф} \left( 1 + \frac{T_{1,0} - \theta}{\theta - T_{2,0}} \right)} \ln(\theta - T_{2,0}). \quad (11)$$

Время  $\tau_0$  является одним из ключевых параметров в исследованиях при выборе и оптимизации параметров пиролизных машин, производящих полукокс. Важность этого параметра заключается в том, что её величина определяется сортом исследуемого угля ( $\rho_2 c_2$ ), зависит от диаметра размола и начальной температуры угля, от механизмов передачи тепла в дисперсной среде. Знание этих зависимостей позволяет правильно подготовить исходный материал, регулировать параметры пиролизера, такие как длина барабанного реактора, время пребывания смеси в реакторе и т.д., что обеспечивает требуемый выход готовой продукции - полукокса. Из выражения (11) видно, что чем меньше диаметр размола угля, тем быстрее достигается равновесие температур между частицами в смеси. В зависимости от того, чему равна начальная температура угля (уголь прогрет, или его температура равна комнатной) меняется и зависимость  $\tau_0$  от температуры, которая в общем случае представляет собой логарифмическую функцию. Наконец, изменение коэффициентов теплопередачи также приводит к изменению времени достижения равновесного значения температуры  $\tau_0$ , так как, чем больше количество перенесенного тепла, тем быстрее достигается равновесие.

На практике часто требуется знание зависимости температуры частиц топлива и теплоносителя от времени. В случае нагрева, интегрирование выражения (10) в пределах от  $T_{2,0}$  до текущего значения  $T_2(\tau)$  приводит к соотношению

$$T_2(\tau) = \theta - (\theta - T_{2,0}) e^{-\frac{6\alpha_{эф}}{\rho_2 c_2 d_2} \left( 1 + \frac{T_{1,0} - \theta}{\theta - T_{2,0}} \right) \tau}, \quad (12)$$

Аналогичным образом, для случая остывания частиц теплоносителя, получаем

$$T_1(\tau) = \theta + (T_{1,0} - \theta) e^{-\frac{6\alpha_{эф}}{\rho_1 c_1 d_1} \left( 1 + \frac{\theta - T_{2,0}}{T_{1,0} - \theta} \right) \tau} \quad (13)$$

На рис.1 приведено график зависимости температур частиц теплоносителя и топлива от времени полученные согласно формулам (12) и (13) при следующих значениях исходных параметров:  $k_1=0,29$  Вт/(м·К);  $c_1=840$  Дж/(кг·К);  $T_{1,0}=973$  К;  $\rho_1=1550$  кг/м<sup>3</sup>;  $k_2=0,19$  Вт/(м·К);  $c_2=1520$  Дж/(кг·К);  $T_{2,0}=293$ К;  $\rho_2=1250$  кг/м<sup>3</sup>;  $\Theta=773$  К.

**Влияние механизмов теплопередачи.** На рис. 1 приведены результаты численного эксперимента, выявляющие роль механизмов теплопередачи. Для этого уравнения (12) и (13) решены для каждого компонента (9) в отдельности. Как видно из этих графиков и таблицы 1, времена достижения равновесной температуры становятся различными, что указывает на различное количество перенесенного тепла при разных механизмах теплоотдачи. Результаты показали, что наибольшее количество тепла переносится посредством теплопроводности воздушной прослойки. В самих ранних работах при расчетах нагрева

дисперсных материалов твердыми теплоносителями учитывали только этот механизм [10]. Следующий по вкладу механизм теплопередачи - тепловое излучение. При высоких температурах роль этого механизма в теплопередаче существенно растет. Это было отмечено во многих работах. Следует отметить, что наличие пор между частицами оказывает существенное влияние на оба механизма теплопередачи. Наименьший вклад в теплопередачу дает перенос тепла через прямой контакт частиц теплоносителя с частицами угля, что объясняется малой площадью контакта по сравнению с площадью самих частиц.

**Влияние размеров частиц.** Для исследования влияние размеров частиц нами предполагалось, что размеры частиц как угля, теплоносителя (золы) одинаковым в каждом моделировании. Как показано на рис. 2, время, необходимое для достижения равновесной температуры, сильно зависит от размера частиц.

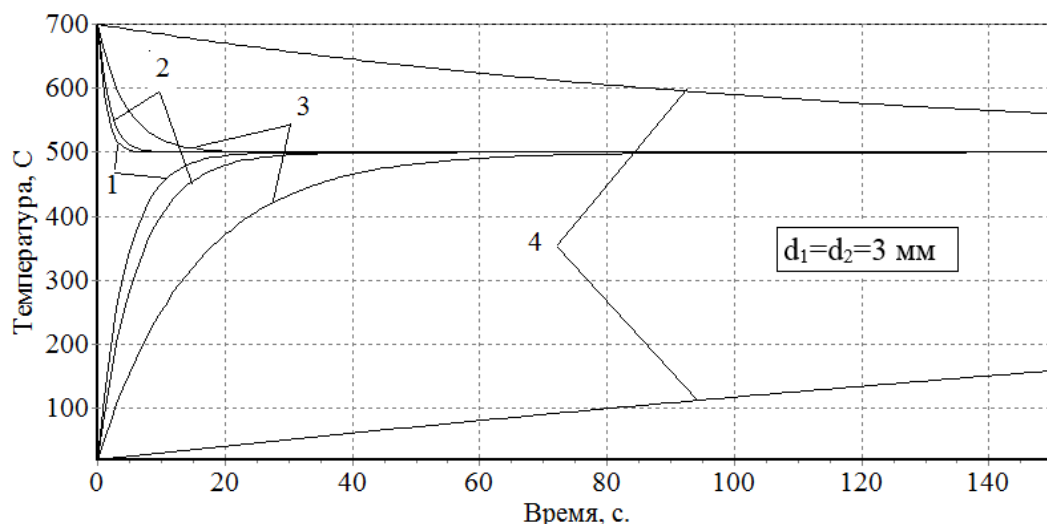


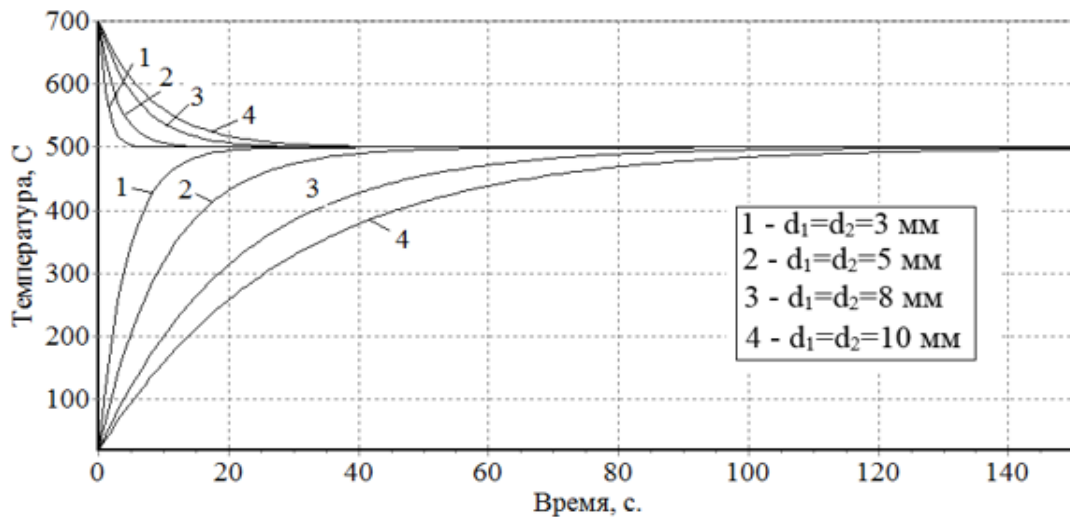
Рис. 1. Кривые, описывающие нагрев частиц угля и охлаждение частиц теплоносителя, при разных механизмах теплопередачи (1- учитываются все механизмы теплопередачи; 2 - механизм б; 3 - механизм в; 4 - механизм а).

Таблица 1 - Время  $\tau_0$  достижения равновесной температуры

№ эксперимента	Механизмы	Диаметры частиц, мм		$\tau_0$ , сек.
		$d_1$	$d_2$	
1	а	3	3	2704.9
2	б	3	3	38.8
3	в	3	3	93.7
4	Все виды	3	3	27,2

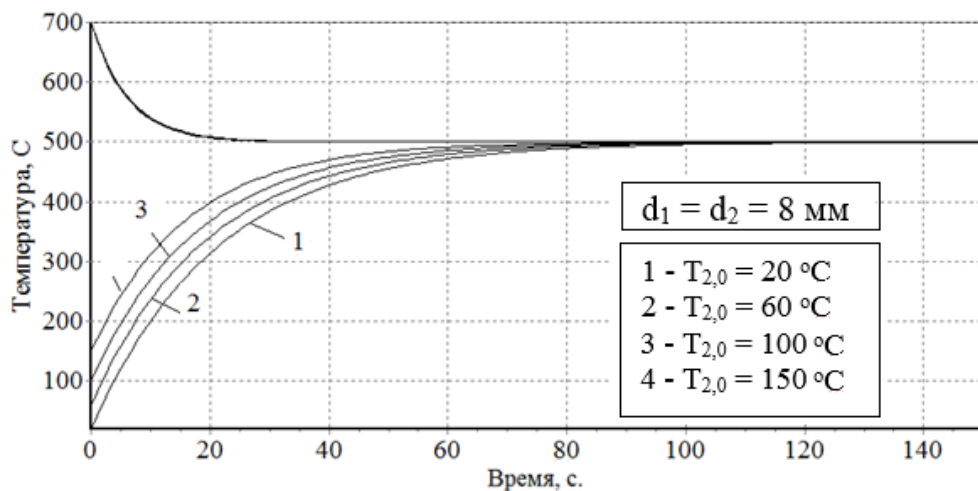
показана выше теплопроводность через воздушной прослойки, так и радиационный теплообмен зависят от площади внешней поверхности частиц угля и теплоносителя. Это означает, что между более крупными частицами будет происходить меньший теплообмен, что увеличивает время достижения равновесной температуры.

**Влияние начальной температуры угля.** Начальная температура угля, является контролируемым технологическим параметром. Из энергетического баланса (8) следует, что равновесная температура увеличивается по мере увеличения начальной температуры угля. Здесь равновесная температура  $\theta(\tau_0) = 500^\circ\text{C}$ . Как показано на рис. 3, время, необходимое для достижения этой равновесной температуры, уменьшается с повышением начальной температуры угля.



Диаметры частиц, мм		$\tau_0$ , сек.
$d_1$	$d_2$	
3	3	27,2
5	5	63,3
8	8	130,3
10	10	180,1

Рис. 2. Кривые, описывающие нагрев частиц угля и охлаждение частиц теплоносителя. Здесь учитываются все механизмы теплопередачи, в соответствии с (15)



Диаметры частиц, мм		$\tau_0$ , сек.	Начальная температура угля
$d_1$	$d_2$		
8	8	130,3	$T_{2,0} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
8	8	124,6	$T_{2,0} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
8	8	119,0	$T_{2,0} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
8	8	108,0	$T_{2,0} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

Рис. 3. Влияние начальной температуры угля на изменение температуры частиц

**Заключение.** Разработана математическая модель в приближении, не учитывающем разложение минеральных летучих веществ, получение аналитических выражений, которые дают возможность быстро рассчитать материальные и энергетические потоки, выявить и оценить факторы, влияющие на нагрев.



Предложенная модель учитывала все основные механизмы теплопередачи, такие как через теплопроводность при контакте между частицами в смеси, молекулярный теплопроводность воздушной прослойки и лучистый теплообмен. Однако, по результатам моделирования было определено, что основной вклад в теплопередачу от частиц теплоносителя к частицам топлива дают теплопроводность воздушной прослойки между частицами и тепловое излучение, причем при высоких температурах роль этого механизма в теплопередаче существенно растёт.

Найденные аналитические формулы описывают поведение температур частиц теплоносителя и топлива-угля в зависимости от времени и дают возможность исследовать характер изменения времени достижения равновесной температуры в смеси в зависимости от теплофизических и геометрических параметров этих частиц. Полученные результаты с удовлетворительной точностью совпадают с результатами эксперимента. Следовательно, при проектировании пиролизных машин и при решении ряда других инженерных задач эти формулы могут оказать неоценимую помощь.

### Список литературы

1. Асанов, А.А. Энергоэффективное использование углей Кыргызстана / А.А. Асанов. - Бишкек: из-во «Инсанат», 2018. - 292 с.
2. Волков, Э.П. Моделирование энерготехнологических процессов / Э.П. Волков, Г.Я. Герасимов. - М.: РАН, 2021. – 226 с.
3. V. F. Simonov. Development of algorithm for calculating the parameters of a drum reactor for low-temperature carbonization of oil shale with ash-based heat-transfer agent / V. F. Simonov, A. N. Mrakin, A. A. Selivanov, A. A. Morev, and O. V. Afanas'eva // Chemical and Petroleum Engineering.- Vol. 52.- Nos. 9–10.- January, 2017. (Russian Original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2016)
4. Зройчиков, Н.А. Экспериментальное исследование массообменных процессов при пиролизе горючего сланца в установках с твердым теплоносителем / Н.А.Зройчиков, О.П. Потапов, С.А. Фадеев, Г.И.Двоскин, В.В. Хасхачих // Надежность и безопасность энергетики. - 2016. - №4. - с. 29-35.
5. Морев, А.А. Перспективные направления и способы переработки сернистых горючих сланцев Поволжья / А.А. Морев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/viewid=11638> (дата обращения: 26.12.2022).
6. Герасимов, Г. Я. Термическая деструкция твердого топлива в реакторе-пиролизере барабанного типа / Г. Я. Герасимов, Г. К. Тер-Оганесян // Физика горения и взрыва. - 2001. - т. 37. - № 3. - 70-75 с.
7. Liang P. Simulation of coal pyrolysis by solid beat carrier in a moving-bed pyrolyzer // P. Liang, Z. Wang, J. Bi // Fuel.- №87. - 2008. - P. 435-442.
8. Vanpuyveld D.R. Dynamic modeling of retort thermodynamics of oil shales // D.R.Vanpuyveld // Oil Shale. - 2007.-Vol.24. - No.4. - P. 509-525.
9. Luikov A.V., Shashkov A.G., Vasilev L.L. Int. J. Heat Mass Transfer. - 1968.-V.11.-P. 117-139.
10. Баскаков, А. П. Изучение теплообмена между частицами твердого мелкозернистого теплоносителя в засыпке / А. П. Баскаков, С. К. Корочкина. // Тепло- и массоперенос. Общие вопросы теплообмена. - М.: Госэнергоиздат, 1963. - С. 660-667.
11. Чудновский, А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / А. Ф. Чудновский. - М.: Физматлитература, 1962.- 456 с.

**В.В. Рубаник, Д.А. Багрец, В.В. Рубаник (мл.), В.И. Урбан, В.С. Лабетский**  
Беларусь УИАнын техникалык акустика институтунун мамлекеттик илимий институту,  
Витебск шаары, Беларус Республикасы  
ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Республика Беларусь

**V.V. Rubanik, D.A. Bahrets, V.V. Rubanik (jr.), V.I. Urban, V.S. Labetsky**  
<sup>1,2,3,4,5</sup>State Scientific Institution “The Institute of Technical Acoustics of NAS of Belarus”, Vitebsk,  
Belarus Republic  
e-mail: v.v.rubanik@tut.by, bagurets@gmail.com, : ita@vitebsk.by, vadik.urban1995@mail.ru,  
labetsky.v@yandex.by

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА TiNi СПЛАВА ПОСЛЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

### ИОН ПЛАЗМАСЫНАН ЖАНА УЗИ ТААСИРИНЕН КИЙИН TiNi ЭРИТМЕСИНИН ФУНКЦИОНАЛДЫК КАСИЕТТЕРИ

#### FUNCTIONAL PROPERTIES OF TiNi ALLOY AFTER ION-PLASMA AND ULTRASONIC TREATMENT

*Устүңкү катмарды ультраун мене иштетүүнү (УЗО) жана иондук-плазма методу менен TiN жабдуусун камтыган Ti-55,16 эритмесин комбинацияланган иштетүү процессинин технологиялык схемалары иштелип чыккан. Дифференциалдык сканирлөөчү калориметрия методу менен комбинацияланган иштетүүдөн кийин Мартенситтик өзгөрүүлөрүнүн параметрлери изилденген жана алардын технологиялык операциялардын ырааттуулугуна жараша (Закон+УЗО же УЗО+УТО) өзгөрүүсүнүн өзгөчөлүктөрү аныкталган, алар жаан – чачында термикалык таасир жана УЗОдо деформациялык таасир менен шартталган.*

**Түйүндүү сөздөр:** титан никелиди, мартенситтик трансформациялар, функционалдык касиеттери, питон каптоо, вакуумдук дога жаан-чачыны, УЗИ беттик тазалоо.

*Отработаны технологические схемы комбинированной обработки сплава Ti-55,16 вес.%Ni (TiNi), включающей осаждение ионно-плазменным методом покрытия TiN и ультразвуковую обработку (УЗО) поверхностного слоя. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии исследованы параметры мартенситных превращений TiNi после комбинированной обработки и установлены особенности их изменения в зависимости от последовательности технологических операций (TiN+УЗО или УЗО+TiN), обусловленные термическим воздействием при осаждении и деформационным – при УЗО.*

**Ключевые слова:** никелид титана, мартенситные превращения, функциональные свойства, TiN покрытия, вакуумно-дуговое осаждение, ультразвуковая поверхностная обработка.

*Technological schemes of combined processing of the Ti-55.16 wt.% Ni (TiNi) alloy, including the deposition of TiN coating by the ion-plasma method and ultrasonic treatment (UST) of the surface layer, have been tested. The characteristics of martensitic transformations of TiNi alloy after combined treatment were studied using differential scanning calorimetry. The changes in the parameters of the martensitic transformations depending on the sequence of technological operations (TiN + UST or UST + TiN) due to thermal effect during deposition and deformation effect during UST were determined.*

**Key words:** *titanium nickelide, martensitic transformations, functional properties, TiN coatings, vacuum-arc deposition, ultrasonic surface treatment.*

**Введение.** Сплавы никелида титана нашли широкое применение в качестве функционального материала нового поколения – т.н. «smart» материала. С целью расширения номенклатуры их практического использования выполняются систематические исследования структурных и фазовых превращений в них, а также различных функциональных свойств, разрабатываются новые составы и технологии обработки.

Авторами [1] предложен механизм и способ задания формы медицинским изделиям из никелида титана с одновременным нанесением ионно-плазменным методом TiN покрытия. Его реализация осуществляется за счет преобразования энергии осаждаемого потока ионов  $Ti^{+}$  в тепловую и разогрева изделия до температур  $> 400\text{ }^{\circ}C$ , достаточных для закрепления наведенной деформации [2]. При этом TiN покрытие выступает в качестве биоинертного барьерного слоя. Однако, обладая высокой твердостью и хрупкостью, такое покрытие не всегда обеспечивает достаточную прочность сцепления с основой, особенно в динамических условиях [3, 4]. Нарушение целостности покрытия может спровоцировать выход потенциально токсичных элементов материала основы в биосреду, в связи с чем к механическим свойствам TiN покрытий, используемых в медицине, предъявляются повышенные требования: они должны быть максимально согласованы со свойствами металлической основы, исключая возможную анизотропию свойств готового изделия. Для решения данной проблемы предпринимаются попытки создания покрытий, которые наряду с высокой твердостью обладали бы достаточной устойчивостью к трещинообразованию и усталостному изнашиванию [5]. Это относится к многослойным и композиционным покрытиям, сочетающим твердые и сравнительно мягкие слои.

Перспективным видится путь, заключающийся в выравнивании механических свойств покрытия и основы за счет высокоэнергетической обработки поверхности изделия с целью его упрочнения перед нанесением покрытия, либо покрытия, осажденного на поверхности изделия, с целью релаксации напряжений и разупрочнения его поверхностных слоев.

Известен весьма широкий спектр эффектов, связанных с воздействием ультразвука на материалы [6]: улучшение структуры, снятие внутренних напряжений в деформированных металлах, повышение характеристик пластичности (акустопластический эффект) и др. При этом, в зависимости от частоты, амплитуды, локальности воздействия, можно достичь как упрочнения материала, так и его разупрочнения, пластификации. Это открывает перспективы использования ультразвукового воздействия в качестве одной из технологических операций комбинированной обработки с целью подготовки поверхности для нанесения покрытий или повышения эксплуатационных характеристик ранее сформированных покрытий [7, 8].

**Целью работы** являлось исследование функциональных характеристик никелида титана после комбинированной обработки, включающей осаждение покрытия TiN и ультразвуковую обработку (УЗО) поверхностного слоя.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения исследований использовали образцы из сплава Ti-55,16 вес.%Ni (далее – TiNi) в виде плющенко с размерами сечения 0,3x8 мм.

Комбинированную обработку образцов осуществляли по двум схемам:

- 1) нанесение покрытия TiN толщиной  $\sim 1\text{ }\mu\text{m}$  с последующей ультразвуковой обработкой (TiN+УЗО);
- 2) ультразвуковая поверхностная обработка с последующим нанесением покрытия (УЗО+TiN).

TiN покрытия наносили методом вакуумно-дугового осаждения с помощью установки «Булат-6», используя следующий режим:

- бомбардировка ускоренными ионами Ti при  $U = -800$  В,  $I = 100$  А в течение 20 мин (такая обработка обеспечивает температурный режим подложки на уровне  $700$  °С, что соответствует рекристаллизационному отжигу TiNi);
- нанесение подслоя титана при  $U = -100$  В,  $I = 100$  А в течение 2 мин (подслой обеспечивает повышенную адгезию TiN покрытия к основе);
- осаждение TiN покрытия при  $U = -100$  В,  $I = 100$  А,  $P_{N_2} = 4 \cdot 10^{-1}$  Па в течение 15 мин.

УЗО осуществляли с помощью разработанной авторами экспериментальной установки ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки плоских заготовок [9], используя режим в соответствии с табл. 1.

Таблица 1 - Режимы УЗО образцов TiNi

Параметр УЗО	Обозначение	Единица измерения	Значение
Частота	$f_{рез}$	кГц	19,6
Амплитуда	$A$	мкм	15
Скорость перемещения образца относительно инструмента	$V$	мм/с	6,25
Количество проходов	$n$	-	1÷6
Сила прижатия	$F_{cm}$	Н	40

Функциональные свойства сплавов TiNi определяются параметрами мартенситных превращений (МП), которые лежат в основе проявляемых ими (сплавами) эффектов памяти формы и сверхупругости. Кинетику и температуры МП образцов TiNi в состоянии поставки и после комбинированной обработки исследовали методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с помощью прибора NETZSCH DSC 214 POLYMA. Скорость охлаждения и нагрева образцов составляла  $10$  °С/мин.

**Экспериментальная часть.** На ДСК-кривых (рис. 1) в интервале от  $-50$  °С до  $150$  °С обнаружены пики выделения и поглощения тепла, соответствующие мартенситным превращениям  $B2 \leftrightarrow B19'$ . Для исходного TiNi образца (рис. 1, кривые 1) можно отметить, что прямое МП при охлаждении начинается при  $M_n = 51$  °С и завершается при  $M_k = 25$  °С, т.е. при комнатной температуре материал находится в мартенситной фазе. Скрытая теплота превращения составила  $6,5$  Дж/г (табл. 2). Обратное МП при нагреве происходит двухстадийно: начинается при  $A_n = 93$  °С и завершается при  $A_k = 122$  °С. Подобная двухстадийность обратного МП характерна для всех исследуемых образцов, однако степень влияния последующей обработки – разная: УЗО (рис. 1, кривые 2) не приводит к каким-либо значимым изменениям, также как и последующее осаждение TiN покрытия (кривые 3). Наибольший интерес представляет образец TiN (кривые 4), для которого 2-й пик перехода  $B19' \rightarrow B2$  практически отсутствует (т.е. МП реализуется практически полностью одностадийно). Последующая УЗО (кривые 5) вновь способствует реализации обратного МП в две стадии с существенным, более чем в 2 раза, увеличением скрытой теплоты превращения (см. табл. 2).

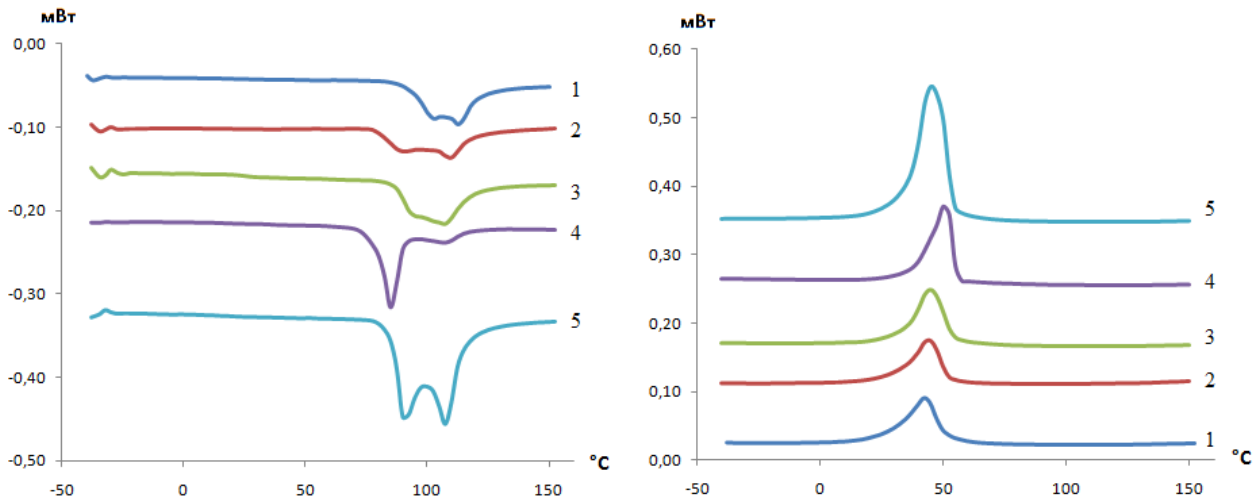


Рис. 1. ДСК-кривые, полученные при нагреве (слева) и охлаждении (справа) образцов TiNi в состоянии поставки (1) и после обработки: 2 – УЗО, 3 – УЗО+TiN, 4 – TiN, 5 – TiN+УЗО

Таблица 2 - Параметры мартенситных превращений исследуемого TiNi сплава после различных обработок

Маркировка образца	$M_n, ^\circ C$	$M_k, ^\circ C$	$\Delta H_{A \rightarrow M}, Дж/г$	$A_n, ^\circ C$	$A_k, ^\circ C$	$\Delta H_{M \rightarrow A}, Дж/г$
поставка	51	25	6,5	93	122	-6,2
УЗО	53	33	4,8	79	117	-4,7
УЗО+TiN	55	34	6,5	87	120	-6,4
TiN	56	40	7,1	79	115	-6,7
TiN+УЗО	54	36	15,9	85	114	-14,8

Можно предположить, что основной причиной таких изменений является нагрев образца в процессе осаждения TiN покрытия, особенно, на этапе ионной бомбардировки (~ 700 °C). Сопоставление ДСК-кривых исследуемого TiNi сплава после осаждения TiN и отжига при 700 °C в течение 20 мин выявило практически полную их идентичность (рис. 2), что подтверждает вывод о преимущественно термической природе изменения кинетики мартенситных превращений.

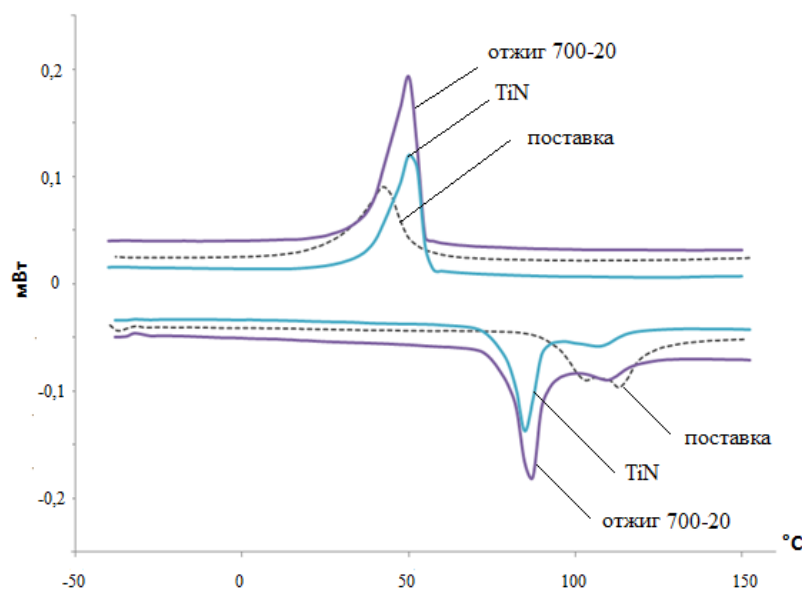


Рис. 2. ДСК-кривые образцов TiNi в состоянии поставки, после осаждения TiN и после термического отжига (ТО) при 700 °C в течение 20 мин

В то же время, если осаждению покрытия предшествовала УЗО (т.е. обработка поверхностным пластическим деформированием, ППД), температура нагрева при осаждении и/или длительность процесса оказались недостаточными для снятия деформационного воздействия, обусловленного УЗО.

Для выявления особенностей двухстадийности обратного МП в исследуемом TiNi сплав использовали методику термоциклирования [10]. В результате после нескольких термоциклов наблюдался эффект стабилизации мартенсита и реализация обратимого одностадийного  $B2 \leftrightarrow B19'$  перехода (рис. 3), характеристические температуры которого отличались от соответствующих температур образца до термоциклирования, причем особенно существенно для обратного МП. Так, температура  $A_n$  после термоциклирования составила  $\sim 60^\circ\text{C}$  ( $85^\circ\text{C}$  до термоциклирования),  $A_k$  – соответственно  $\sim 80^\circ\text{C}$  ( $114^\circ\text{C}$ ). В дальнейших исследованиях параметры мартенситных превращений TiNi образцов фиксировались после 2-х термоциклов.

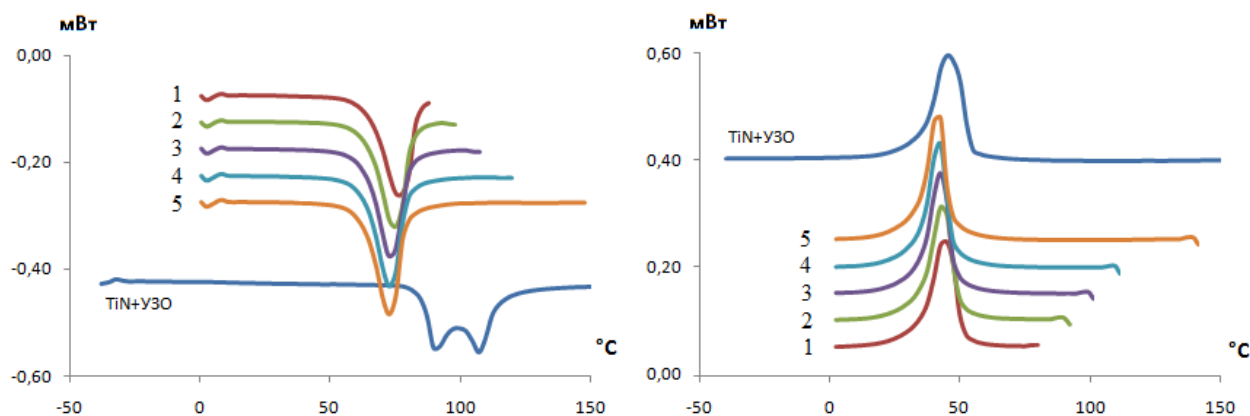


Рис. 3. ДСК-кривые образца TiN+УЗО ( $n = 1$ ), полученные при нагреве (слева) и охлаждении (справа) при термоциклировании в интервале температур неполного обратного превращения (возле кривой обозначен порядковый номер термоцикла)

При обработке TiNi по схеме TiN+УЗО (рис. 4) был достигнут наибольший эффект влияния на параметры МП (табл. 3), который выражался, прежде всего, в изменении скрытой теплоты превращений от максимума  $\Delta H = 17$  Дж/г при  $n = 1$  до минимума  $\Delta H = 12$  Дж/г при  $n = 6$ . С увеличением  $n$  также наблюдалось незначительное смещение всех температур МП в сторону увеличения. Это может быть объяснено следующим образом: после осаждения TiN вследствие температурной обработки происходила релаксация напряжений, возникших в материале при его изготовлении (режим поставки), что обеспечило почти двукратное повышение величины  $\Delta H$  при  $n = 1$ . С увеличением числа проходов УЗО интенсивность ультразвукового наклепа возрастала, что в свою очередь привело к уменьшению скрытой теплоты МП.

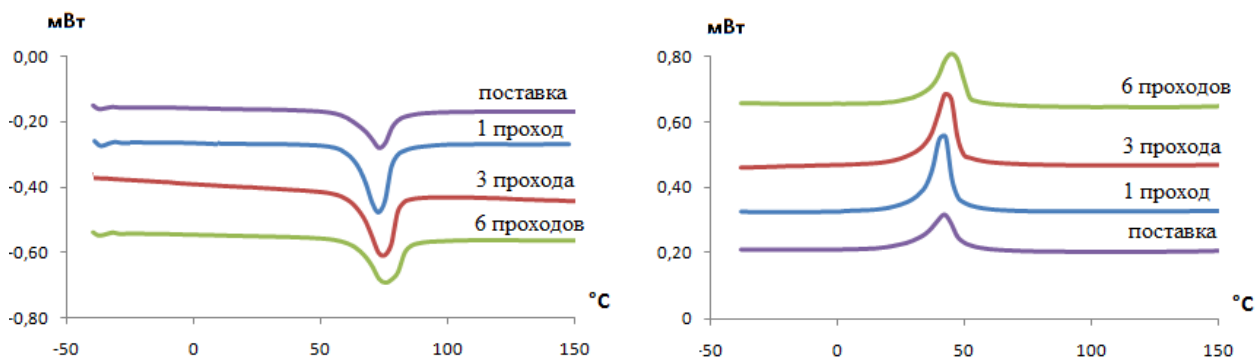


Рис. 4. ДСК-кривые, полученные при нагреве (слева) и охлаждении (справа) образцов TiNi после обработки по схеме TiN+УЗО с различным числом проходов

Таблица 3 - Параметры мартенситных превращений исследуемого TiNi сплава после обработки по схеме TiN+УЗО

Число проходов, $n$	$M_n, ^\circ C$	$M_k, ^\circ C$	$A_n, ^\circ C$	$A_k, ^\circ C$	$\Delta H_{A \leftrightarrow M}, Дж/г$
0 (режим поставки)	49	31	59	80	9
1	46	32	61	79	17
3	48	32	62	81	14
6	53	34	63	86	12

При обработке TiNi по схеме УЗО+TiN (рис. 5, табл. 4) наблюдалась несколько иная картина. Смещение характеристических температур МП было аналогично рассмотренному выше случаю. Однако изменение величины  $\Delta H$  было другим: с увеличением  $n$  скрытая теплота МП, наоборот, возрастала. Поскольку материал в состоянии поставки уже имел деформированную структуру, в процессе УЗО он дополнительно подвергался ППД в зависимости от числа проходов. Последующая высокотемпературная обработка и осаждение TiN покрытия не обеспечила в полной мере релаксацию внутренних напряжений, причем при  $n \leq 3$  величина  $\Delta H$  была даже меньше, чем в режиме поставки.

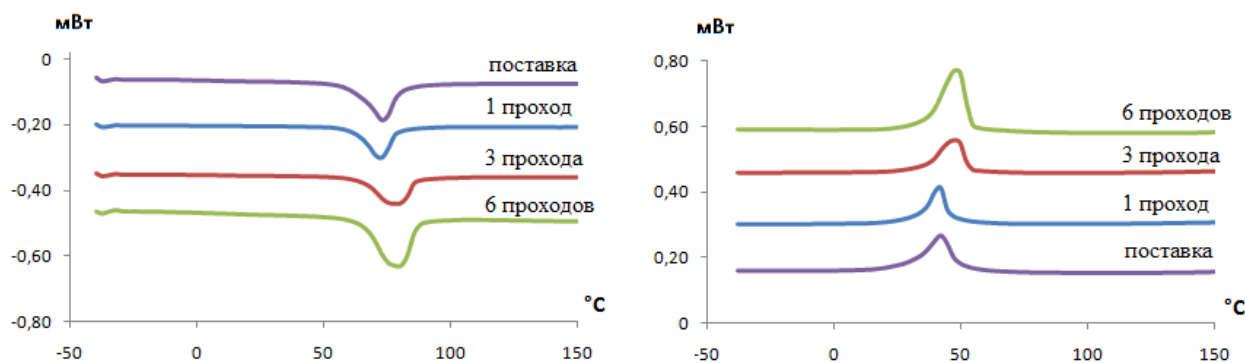


Рис. 5. ДСК-кривые, полученные при нагреве (слева) и охлаждении (справа) образцов TiNi после обработки по схеме УЗО+TiN с различным числом проходов

Таблица 4 - Параметры мартенситных превращений исследуемого TiNi сплава после обработки по схеме УЗО+TiN

Число проходов, $n$	$M_n, ^\circ C$	$M_k, ^\circ C$	$A_n, ^\circ C$	$A_k, ^\circ C$	$\Delta H_{A \leftrightarrow M}, Дж/г$
0 (режим поставки)	49	31	59	80	9
1	46	34	63	78	6,5
3	53	36	65	85	7,5
6	54	36	65	87	13,5

**Заключение.** В результате проведенных исследований выявлены особенности изменения параметров мартенситных превращений (характеристические температуры и скрытая теплота) в сплаве TiNi после комбинированной обработки, включающей ионно-плазменное и ультразвуковое воздействия. Установлена преимущественно термическая природа изменений параметров МП в процессе осаждения TiN покрытия, которые заключаются в увеличении скрытой теплоты превращения вследствие релаксации напряжений, возникающих при ППД как при производстве заготовок (режим поставки), так и в процессе УЗО.

### Список литературы

1. Способ изготовления биоинертного изделия из материала с эффектом памяти формы на основе никелида титана: пат. 19507 Республика Беларусь: МПК А 61F 2/86, А 61F 2/94 / Д.А. Багрец, В.В. Рубаник, В.Г. Дородейко, В.В. Рубаник мл.; дата публ.: 30.10.2015.
2. Багрец, Д.А. Технологии формирования изделий стоматологического назначения из сплава Ti-50,8 ат.% Ni и стали 12X18H10T с защитно-декоративными TiN покрытиями: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Д.А. Багрец. – Витебск, 2022. – 174 с.
3. Гюнтер, В.Э. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения / В.Э. Гюнтер. – Томск: Изд-во МИЦ, 2006. – 296 с.
4. Surface Treatments of Nearly Equiatomic NiTi Alloy (Nitinol) for Surgical Implants / Dixon T.K. Kwok [et al.] // Biomedical Engineering. Trends in Materials Science. Mr Anthony Laskovski (Ed.). – 2011. ISBN: 978-953-307-513-6. InTech.
5. Малагин, Г.А. Пластичность и прочность микро- и нанокристаллических материалов / Г.А.Малагин // Физика твердого тела. – 2006. – Т.49 – С. 961-982.
6. Артемьев, В.В. Ультразвук и обработка материалов / В.В.Артемьев, В.В. Клубович, В.В. Рубаник. - Минск: Эко-перспектива, 2003. – 335 с.
7. Сбитнев, А.Г. Повышение износостойкости деталей из титановых сплавов на основе комбинированного применения полиионной имплантации и ультразвукового воздействия: дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / А.Г. Сбитнев. – Москва: 2020. – 168 с.
8. Ковалевская, Ж.Г. Структура и свойства поверхностных слоев и покрытий при модифицирующей ультразвуковой обработке: дисс. ... докт. техн. наук: 05.16.09 / Ж.Г. Ковалевская. – Томск: 2018. – 334 с.
9. Оборудование для ультразвуковой поверхностной обработки титановых сплавов : Актуальные проблемы прочности: материалы международной научной конференции (Витебск, 23-27 мая 2022 года) // В.В. Рубаник и др. - Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2022. – С. 394-395.
10. Реснина, Н.Н. Функциональные свойства структурно неоднородных сплавов с памятью формы на основе TiNi / дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.07 / Н.Н. Реснина. – Санкт-Петербург: 2015. – 308 с.



**ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

УДК 622.271+622.693.25

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1796-1800

**К.Ч.Кожоголов<sup>1</sup>, А.Е.Воробьев<sup>2</sup>, Р.М.Султаналиева<sup>3</sup>, К.А.Воробьев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Ферганский медицинский институт общественного здоровья, Фергана, Республика Узбекистан

<sup>3</sup>КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>4</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

**K. Ch.Kozhogulov<sup>1</sup>, A.E.Vorobyev<sup>2</sup>, R. M. Sultanalieva<sup>3</sup>, K.A.Vorobyov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>The National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the NAS of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>Fergana Medical Institute of Public Health, Fergana, Republic of Uzbekistan

<sup>3</sup>KSTU named after I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>4</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation  
e-mail: k.kozhogulov@mail.ru, fogel\_al@mail.ru, raia-ktu@mail.ru

**ПРИЧИНЫ СОВРЕМЕННОЙ ИНТЕРНАЦИОНАЛИЗАЦИИ ВУЗОВ  
ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА**

**БОРБОРДУК АЗИЯ УНИВЕРСИТЕТТЕРИНИН АЗЫРКЫ  
ИНТЕРНАЦИОНАЛДАШУУСУНУН СЕБЕПТЕРИ**

**THE REASONS FOR THE MODERN INTERNATIONALIZATION OF  
UNIVERSITIES IN THE CENTRAL ASIAN REGION**

*Борбордук Азия регионунун Республикаларынын ЖОЖдорунда Заманбап интернационалдаштыруу процесстерин өнүктүрүү каралды. Борбордук Азиядагы университеттердин пайда болушунун жана өнүгүшүнүн кыскача тарыхы көрсөтүлдү. Ааламдашуу процесстеринин заманбап жогорку мектепке тийгизген таасиринин негизги факторлору ачылды. Дүйнө жүзү боюнча жождордун бүтүрүүчүлөрүнүн өсүшү талданды. ЖОЖдордун интернационалдаштыруу даражасын жогорулатууну камсыз кылуудагы негизги максаттары жана милдеттери көрсөтүлдү.*

**Түйүндүү сөздөрү:** интернационалдаштыруу, жогорку мектеп, таасир факторлору, тарыхы, абалы, келечеги.

*Рассмотрено развитие процессов современной интернационализации в вузах республик Центрально-Азиатского региона. Представлена краткая история возникновения и развития университетов в Центральной Азии. Раскрыты основные факторы влияния процессов глобализации на современную высшую школу. Проанализирован рост выпускников вузов во всем мире. Показаны основные цели и задачи вузов в обеспечении повышения степени интернационализации.*

**Ключевые слова:** интернационализация, высшая школа, факторы влияния, история, состояние, перспективы.

*The development of the processes of modern internationalization in the universities of the republics of the Central Asian region is considered. A brief history of the emergence and development of universities in Central Asia is presented. The main factors of the influence of globalization processes on the modern higher school are disclosed. The growth of university*

*graduates worldwide has been analyzed. The main goals and objectives of universities in ensuring an increase in the degree of internationalization are shown.*

**Key words:** *internationalization, higher school, influence factors, history, state, perspectives.*

Происходящие в мире глобализационные процессы так или иначе затрагивают все сферы человеческого социума (в том числе и сложившуюся систему образования), проявляясь в усилении межнациональных и межгосударственных коммуникациях людей.

**Исторических подход к возникновению университетов.** Образовательные заведения, работающие для нужд населения, в ходе развития человеческой цивилизации возникли довольно давно [8]. Так, в Древней Греции о высших школах известно начиная с V в. до н.э., в Древнем Китае еще во II в. до н.э. был основан Императорский Нанкинский университет, на территории современного Ирана в VI в. работала академия Гондишапура, а в Индии в V в. — университет Наланда. В Центральной Азии высшее образование (в современном смысле этого термина), как правило, получали в медресе (появившиеся здесь еще в конце VIII — в начале IX века), наиболее известные из них находились в Бухаре, Самарканде, Хиве, Коканде и Ташкенте. В 2020 г. отмечалось 600-летие Самаркандского государственного университета, основанного в 1420 г. великим ученым и государственным деятелем Центральной Азии Мирзо Улугбеком. Все эти и последующие (вновь открываемые) учебные заведения, с развитием человеческого общества и изменения его потребностей, претерпевали существенную трансформацию, получая новые формы и содержание.

**Факторы влияния процессов глобализации на высшую школу.** Происходящие в настоящее время общемировые процессы глобализации и интернационализации [5,6], широко охватившие все области существующего социума, особенно сильно затронули современную систему высшего профессионального образования (прежде всего, вследствие резкого увеличения выпускников вузов – рис. 1), тем самым определив возникновение принципиально новых подходов к структуре и организации международной деятельности высших учебных заведений [7].

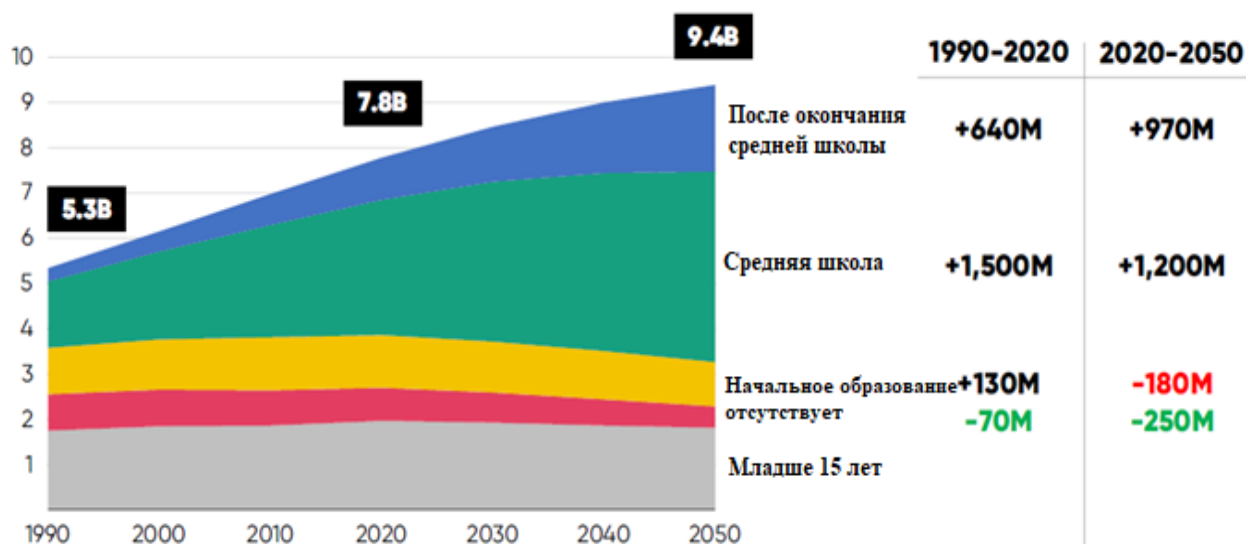


Рис. 1. Рост выпускников вузов во всем мире [9]

При этом, в различных национальных системах образования наблюдается процесс сближения основных целей и практических задач вузов, а также определенная схожесть тенденций их развития и возникающих проблем. Так, происходящая интернационализация высшего профессионального образования и, как следствие, выход национальных вузов на международный рынок образовательных услуг, весьма существенно актуализировали необходимость развития их международного сотрудничества.

### Цель и задачи вузов в процессах повышения степени интернационализации.

Цель вузов в обеспечении современных процессов повышения степени интернационализации состоит не столько в том, чтобы просто стать им известным как некое международное учреждение, а сколько в том, чтобы всесторонне использовать появляющиеся при этом широкие возможности интеграции международных, межкультурных или глобальных аспектов, являющихся основным средством улучшения качества, предоставляемого населению, необходимого образования.

При этом задачи международной деятельности вузов определяются, прежде всего, требованиями, предъявляемыми к высшей школе на современном этапе ее развития, с учетом всех возникающих в социуме существенных вызовов и сопутствующих им изменений.

**Императив интернационализации вузов.** В результате современная интернационализация высшего профессионального образования представляет собой процесс международной (глобальной), научной, технологической и культурной интеграции, происходящей в целях обеспечения повышения качества, предоставляемого населению университетского образования и проводимых научных исследований, в котором участвуют студенты и преподаватели высшего учебного заведения.

Исторически явление интернационализации высшего образования возникло довольно давно и было связано с существующей эволюцией университетов: начиная от их классических форм (XII-XIX вв.), постклассики (начало XIX в. – середина XX в.) и до появления современных, социально ориентированных, массовых университетов (середина XX в. – по настоящее время) [2]. Это обстоятельство оказалось обязанным резкому развитию и усилению демографического фактора, а также эволюции международного рынка образовательных услуг, где ключевое влияние имеет появление инновационных технологий, включая дополненную и виртуальную реальность (AR/VR), искусственный интеллект (AI), роботизацию и блокчейн (рис. 2).

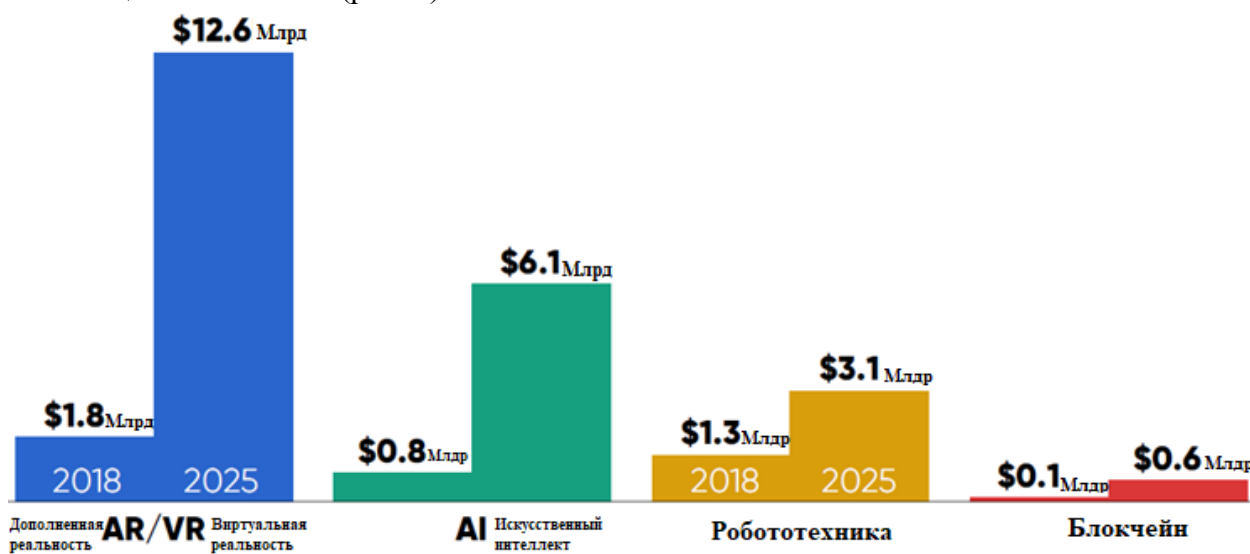


Рис. 2. Финансирование современных технологий в образовании [9]

Помимо развития технологий иммерсивного обучения (с использованием виртуальной и дополненной реальности, а также голосовых интерфейсов), автоматизации процессов обучения (с применением возможностей искусственного интеллекта), сертификации (на основе блокчейн-технологий), к трендам развития международного рынка образования [9] необходимо отнести технологии инклюзивности и геймификации, а также персонализации процесса обучения студентов, определенной социализации образовательных программ (включая обмен пользовательским опытом, объединение студентов по их основным интересам и профессиональным компетенциям, а также работе в общих информационных базах данных и выработке командного подхода к обучению).

Геймификация представляет собой довольно новую концепцию применения гейм-дизайнерского мышления к различным учебным заданиям, чтобы сделать их более интересными и увлекательными [11]. Геймификация создает целостную учебную атмосферу в образовательных технологиях, которая существенно повышает вовлеченность, мотивацию и основные компетентности студентов.

Кроме того, электронный формат позволяет более легко распространять и адаптировать учебные материалы [10], что стимулирует развитие знаний и появление значительного количества новых образовательных программ, разработанных с учетом возможностей онлайн-образования и предполагающих меньшую продолжительность пребывания студентов в кампусе.

При этом, возникшие в последнее время технические инновации в коммуникации людей (Интернет, мобильная связь и др.) и резкое увеличение объемов профильной информации повлекли за собой кардинальные изменения в имеющихся подходах и возможностях получения высшего профессионального образования. В результате среднегодовой темп роста мировой академической мобильности студентов в настоящее время составляет почти 7 % (от их общей численности).

Повышение международной мобильности студентов должно служить для них дополнительным бонусом, в процессе развития и приобретения так называемых «навыков XXI века» [10].

**Процессы современной интернационализации в вузах республик Центральной Азии.** В Республиках Центральной Азии (Кыргызстане, Узбекистане, Таджикистане и Казахстане) эти процессы особенно сильно проявились после 1991 г., вследствие обретения ими государственной независимости, в результате происходящего массового расширения предоставления населению услуг высшего профессионального образования [3,4]. За большей и широкой автономией вузов Республик Центральной Азии последовала настоятельная потребность в усилении их интернационализации [1]. При этом Республик Центральной Азии необходимо не только поддерживать интернационализацию в вузах на определенном пороговом уровне, но и постоянно повышать её качество, чтобы национальная система высшего профессионального образования и впредь оставалась конкурентоспособной на внешних рынках образовательных услуг, чутко реагируя на их постоянные изменения.

Интернационализация высшего профессионального образования проявляется в активном взаимодействии между собой вузов разных стран. Одновременно с этим происходит существенное усиление подготовки (по количеству и качеству) иностранных студентов в вузах Республик Центральной Азии, т.е. увеличивается степень и внутренней интернационализации местных вузов.

В настоящее время многие вузы республик Центральной Азии предоставляет полный пакет качественных образовательных услуг для иностранных студентов: довузовское обучение, базовая подготовка (бакалавриат и магистратура) и постдипломное образование (интернатура, ординатура, аспирантура, специализация). Кроме того, в них накоплен необходимый опыт организации учебного процесса для профильного обучения иностранных студентов, а также создана должная кадровая и материальная база, разработаны специальные высокоэффективные методики их обучения.

В соответствии с объективными законами развития организации международное сотрудничество вузов республик Центральной Азии должно быть направлено на следующие аспекты:

- полноценную интеграцию в профильное международное образовательное пространство;
- ускорение обмена современными профильными знаниями и технологиями;
- развитие инновационных форм медицинского образования, науки и здравоохранения (на основе использования накопленного значительного международного практического опыта и теории);
- активизацию многосторонней мобильности студентов и ППС.

Для этого международная деятельность вузов должна предусматривать:

- организацию различных обменных программ и стажировок преподавателей, аспирантов и студентов;
- разработку научно-методических и учебных материалов;
- организацию и проведение совместных научно-практических конференций, семинаров и тренингов (с целью повышения научно-практического и интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава вуза и студентов);
- реализацию совместных с зарубежными партнерами научных проектов.

**Заключение.** Все эти аспекты усиления международной деятельности вузов республик Центральной Азии предполагают необходимость стимулирования студентов к изучению иностранных языков, получения межкультурных компетенций и глубокого гражданского образования, учитывающего все аспекты межэтнического характера.

### Список литературы

1. Александров, А.Ю. Российско-узбекское сотрудничество в области образования и науки: первый опыт Чувашского госуниверситета: Развитие экспортного потенциала высшего образования: содержание, опыт, перспективы: материалы XI Междунар. учеб.-метод. конф. (Чебоксары, 25 октября 2019 г.) / А.Ю.Александров, И.Е. Поверинов, Е.Л. Николаев. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. - С. 6-12.- ISBN 978-5-7677-2968-5
2. Береговая, О. А. Интернационализация высшего образования в условиях глобализации / О.А.Береговая, В.И. Кудашов // Перспективы науки и образования. - 2019. - № 3 (39). - С. 31-43. DOI: 10.32744/pse.2019.3.3. - ISBN 2307-2334
3. Воробьев, А.Е. Высшее профессиональное образование в XXI веке / А.Е. Воробьев, О.В. Ваккер, В.В.Забусов, Е.А. Гулан // Под ред. член-корр. РАН В.Н. Опарина. – Норильск: НИИ, 2010. - 289 с. - ISBN 2304
4. Воробьев, А.Е. Высшее профессиональное образование в Кыргызстане: роль национальной и международной составляющих // Материалы XII международной научно-практической конференции «Педагогика и психология: тренды, проблемы, актуальные задачи» / А.Е.Воробьев, Г.К. Ташкулова. - 2017. с. 1-15. / <http://www.apriori-nauka.ru/media/pedagogy/12-2017/Vorobiev-Tashkulova.pdf>.- ISBN 2415-3257
5. Воробьев, А.Е. Модернизация российского высшего инженерного образования в ответ на вызовы современности /А.Е. Воробьев, Б.Т. Торобеков. - М.: КноРус. 2014. - 230 с. - ISSN 2309-4265
6. Воробьев, А.Е. Smart-университет / А.Е.Воробьев, К.Е. Щесняк, Л.Е. Щесняк. - М.: РУДН, 2019. - 282 с.
7. Воробьев, В.В. Международная деятельность Гродненского государственного медицинского университета / В.В.Воробьев // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2013. - № 3. - С. 14-16. - ISBN: 978-5-209-09718-1
8. Мельник, Д. От Академии Платона до современных вузов: как менялись университеты [Электронный ресурс] – Режим доступа: // <https://postnauka.ru/longreads/156177>. -ISBN:875-0546(092)
9. Мировой рынок онлайн-образования (аналитический обзор: история, тенденции, перспективы, прогнозы) [Электронный ресурс] – Режим доступа: // <https://habr.com/ru/articles/675612>.
10. Роберт Кулен. Для чего нужна интернационализация образования? / Роберт Кулен // Международное высшее образование. – 2016. - №83. - С. 8-10. -ISBN 978-1-93348130-2.

**Р.А.Курманалиева**  
ЭКУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
МКУ, Бишкек, Кыргызская Республика

**R.A.Kurmanalieva**  
IKU, Bishkek, Kyrgyzstan  
e-mail: kurmanalievahat3@gmail.com

## ДҮЙНӨЛҮК АДАБИЯТ САБАГЫНДА АДЕП-АХЛАК ТҮШҮНҮГҮ

### ПОНЯТИЕ ПРАВСТВЕННОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ МИРОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### THE CONCEPT OF MORALITY IN THE CLASSROOM OF WORLD LITERATURE

*Макалада колледждин I курсунун студенттери үчүн адабият сабагында адеп-ахлактуулукту калыптандыруу жана кабылдоо маселелери каралат. Коомду санариптештирүүнүн азыркы этабындагы билим алуу менен бирге студенттер арасында активдуу социалдашуу процесси да журот. Негизделген ой жүгүртүүнүн аныктамасы жашоодогу окуяларды жана кубулуштарды салыштыруу ыкмасы катары берилет. Азыркы жаштар адеп-ахлакты калыптандырууда көркөм адабияттагы образдарды кабылдоо менен бирге “патриотизм”, “абийир”, “үй-бүлөөлүк баалуулуктар”, гумандуулук жана башка категорияларга ээ болушат. Ошондой эле окуу, түшүнүү, кабылдоону когнитивтик жана коммуникативдик активдүүлүккө көмөктөшүүчү процесси катары окуунун функциялары жөнүндө эсселердин жана композициялардын жыйынтыгы боюнча көркөм чыгармаларды жана образдарды кабыл алуусу пайыздык көрсөткүчтө талдоо берилип, андан окуучулардын өздөрүнүн интерпретациялары жөнүндө айтылат. Комментарийлеп окуу, өз алдынча иштөөнүн түрлөрү, дил баяндар жаш муундардын адеп-ахлактык позицияларын калыптандыруу процессинде инсандын өзүн-өзү тарбиялоосуна, өзүн-өзү таануусуна жана өзүн-өзү өнүктүрүүсүнө мүмкүнчүлүк түзөт. Айрыкча жаш муундардын адеп-ахлактык позицияларын калыптандыруу процессинде инсандын өзүн-өзү тарбиялоосуна, өзүн-өзү таануусуна жана өзүн-өзү өнүктүрүүсүнө шарт түзгөн окуу методдорун колдонуу жөнүндө, практика түрүндө алып жүрүү шарттары каралат.*

**Түйүндүү сөздөр:** калыптандыруу, моралдык жана эстетикалык тарбия, билим берүү технологиялары, өзүн-өзү тарбиялоо, баалуулук багыттары.

*В данной статье рассматриваются проблемы формирования и восприятия нравственности на занятиях литературы у студентов I курса колледжа. О применяемых методах образовательных технологий на современном этапе цифровизации общества, так как именно в образовательном процессе происходит активная социализация студенческой молодежи. Дается определение аргументированному рассуждению, как методу- сравнению событий и явлений из жизни. Как посредством художественных произведений и восприятия художественного образа у современной молодежи формируются нравственные категории, такие как “патриотизм”, “совесть”, “семейные ценности”, гуманизм “ и другие. Рассмотрены чтение, понимание и восприятие как процесс, способствующий познавательной и коммуникативной деятельности, о функциях чтения, как ценностного ориентира, воздействующих на поведение человека. По результатам эссе и сочинений дается анализ восприятия художественных произведений и образов в процентном соотношении, откуда и выявляется интерпретация самих студентов. Особо выделяются комментированное чтение, самостоятельные виды работ, эссе, которые дают возможность для самообразования, самопознания и саморазвития личности в процессе формирования нравственных позиций молодого поколения.*

**Ключевые слова:** формирование, нравственно-эстетическое воспитание, образовательные технологии, самообразование, ценностные ориентиры, процесс познания.

*This article discusses the problems of the formation and perceptions of morality in literature classes for 1 st-year college students. About the applied methods of educational technologies at the present stage of digitalization of society, since it is in the educational process that the active socialization of student youth takes place. The definition of reasoned reasoning is given as a method-comparison of events and phenomena from life is given. As a means of artistic works and the perception of an artistic image moral categories such as patriotism, conscience, family values, humanism and others are formed among modern youth. The article considers reading, understanding and perception as a process that promotes cognitive and communicative activity, about the functions of reading as a value guideline that affect human behavior. Based on the results of essays and essays, an analysis of the perception of works of art and images in percentage ratio is given, from which the interpretation of the students themselves is revealed. The commented reading, independent types of works, essays that provide an opportunity for self-education, self-knowledge and self-development of the individual in the process of forming the moral positions of the younger generation are highlighted.*

**Keywords:** formation, moral and aesthetic, education, educational technologies, self-education, value orientations, the process of cognition.

В современном мире одной из значимых направлений в процессе развития нашего общества стала задача воспитания студенческой молодежи, начиная со студентов колледжей возраст, которых приходится на 15-18 лет. Именно во время образовательного процесса, они проходят активную социализацию. От формирования нравственно-эстетической позиции, культурного воспитания зависит дальнейшее развитие нашего общества. Сложность воспитания и формирования этих категорий в том, что студенты проживают процесс развития и усвоения жизненного опыта, человеческих ценностей, они остро ощущают и воспринимают происходящие изменения, пересмотр ценностей и нравственных ориентиров.

Возрождение и сохранение традиций и обычаев, на основе которых воспитывалось не одно поколение молодых людей, становится вопросом государственной значимости. В цели и задачи педагогической науки входит исследование новых подходов и образовательных технологий в формировании нравственных позиций современной молодежи в учебных заведениях. Для достижения, поставленных целей и задач необходимо искать новые технологии, нацеленные на самореализацию, самообразование, на помощь в выборе правильного жизненного пути и релевантности.

В настоящее время, с изменением социокультурных условий жизни и пересмотром ценностных ориентаций современной молодежи, нравственно-эстетическое воспитание невозможно осуществить традиционными методами. Поэтому, применение новых методов и технологий, активное участие студентов в жизнедеятельности образовательного учреждения, обеспечит правильное формирование нравственной позиции и поведения в обществе.

Таким образом, актуальность проблем нравственно-эстетического воспитания и формирования нравственных позиций студентов образовательных организаций обусловлено необходимостью глубокого педагогического анализа.

К проблеме нравственного воспитания студенческой молодежи огромный вклад внесли ученые: Н.А.Архангельский, М. Ачилов, В.П.Бездухов, Б.С.Братусь, В.А.Сухомлинский, Х.Штольц и многие другие исследователи.

Рассматривая проблемы нравственного воздействия на занятиях литературы известный ученый Е.В.Перевозная выделяет, что: “Литература является тем предметом, который помогает читателю пройти труднейший путь своего народа, пережить борьбу добра со злом, истины с ложью, увидеть, как передовые люди сохраняли благороднейшие нравственные идеалы...” [5.С.6].

Очень важно при анализе художественного произведения проследить за аргументированным рассуждением. Что за понятие аргументированное рассуждение? Это сравнение прочитанного с историями из жизненного опыта, это сопереживание героям и персонажам, соотнесение позиций героев с собственной жизненной позицией, которое развивает самокритичность и самовоспитание. По материалам курса литературы можно освоить такие понятия морали как «патриотизм», «достоинство», «гуманизм», «долг», «совесть», «семейные ценности», «сохранение природных ресурсов» и «бережное отношение к памятникам культуры». Сейчас, на данном этапе развития человеческих отношений, особенно среди молодежи как отмечает Э.М.Молчан: «...виртуальное интернет-пространство изменяет временные представления человека, приобретенные в социальных системах, создавая мнимый мир иллюзий и ценностей. Проецируя виртуальную реальность на социальные системы, личность теряет ценностно-содержательную доминанту своей данности, утрачивает чувства сострадания и сопереживания, потоки вредоносной и анти-социальной информации, обрушиваются на человека и общество, подрывают процесс социализации личности и формирования духовно-нравственных ценностей общества» [3. С.9].

А для того, чтобы молодое поколение не «утрачивало чувства сострадания и сопереживания», у педагогов возникла новая и сложная задача преподавания, в особенности, в преподавании классической художественной литературы в восприятии художественного образа, в прочтении и понимании студентами и учащимися литературных текстов.

Объясняя материал традиционными методами, трудно добиться стопроцентного результата в заинтересованности чтением произведения у студентов 1 курса колледжа. Оцифрованных студентов трудно оторвать от смартфонов, играющих в непонятные для нас игры или, зависающих в разных развлекательных приложениях, не говоря уже о восприятии художественных произведений и образов.

Чтение, понимание и восприятие содержания произведения, образов и персонажей – это процесс, способствующий познавательной и коммуникативной деятельности личности и самопознания. Чтение имеет свои определенные функции, например, ценностно-ориентированные, которые воздействуют на внутренний мир, знания, развитие и поведение личности. Благодаря художественной литературе, студенты 1 курса знакомятся с огромным миром героев различных пластов общества проводят параллели и сравнивают проблемы, поднятые писателями 19-20 в.в. с нынешними, сравнивая актуальность некоторых историй и в 21 веке.

«Одна из удивительных и загадочных особенностей непосредственного восприятия произведения — то, что мы уже почти с начала чтения романа или рассказа воспринимаем литературных персонажей как живых, цельных людей, хотя образы лепятся писателем постепенно, черта за чертой и полное представление о них должно было бы появляться только лишь после прочтения последней страницы произведения» [4. С.14.].

Восприятие художественного образа литературного героя – это эмоциональные переживания и рассуждения по поводу воспринимаемого образа.

По результатам эссе и сочинений, написанных студентами 1 курса колледжа Международного Кувейтского университета (предмет: Мировая литература, программа 10-11 класса кыргызской школы) по теме нравственности можно сделать следующие выводы о том, что 30% - выделили новеллу О.Генри “Дары волхвов”, указывая тему семейных ценностей, 20% - Л.Н.Толстого роман “Война и мир” тему патриотизма и глубоко переживали за Наташу Ростову, 20% - М.Горького рассказ “Старуха Изергиль” особо выделили “Легенду о Данко” образ Данко, 15% - в драме А.Островского “Гроза” полюбилась Катерина, как чистая добросовестная и порядочная героиня, 5% - Ф.М. Достоевского в романе “Преступление и наказание”, что преступление Раскольникова было совершено ради благих намерений и остальные 10% на Чехова, Куприна и Бунина, выделив безответную любовь, сопереживая героям Алехину из рассказа А.Чехова “О любви”, Куприна “Гранатовый браслет”. Но многие из них, события из художественных произведений интерпретируют по-своему, например, в рассказе И.Бунина “Темные аллеи” героиня Надежда, 35 лет ждет своего любимого и не выходит замуж, но при встрече она говорит



Николаю Алексеевичу, что не простила его – эту историю практически все девушки интерпретировали по своему, что на ее месте они давно устроили бы свою личную жизнь и простили бы его.., Беликова из “Человека в футляре” многие жалели, что он несчастен и “находится в состоянии депрессии”.

Х.Штольц и Р. Рудольф в своей книге «Как воспитывать нравственное воспитание» пишут о нравственных привычках: “Нравственные привычки- результат разумного автоматизма, результат усвоенного, принятого опыта, знаний и, конечно, упражнений, а также воспитательных воздействий. Разумные привычки побуждаются сознанием”. [7. С.57.]. Для того, чтобы развить нравственные привычки, которые при многократном повторении станут нормой, необходимо на занятиях применять современные методы, а это творческая технология образования, где студентам даются направления для самообразования, самовоспитания и саморазвития.

Главная проблема в преподавании литературы – это незнание студентами текстов художественных произведений. Какими методами можно преподнести содержание, идею, тему и проблему, освещенную в произведении? Методов и приемов очень много, но какая из них эффективная? Комментированное чтение текста произведения в онлайн режиме, когда учащийся следит за текстом и не может отвлечься, презентации, подготовленные самими студентами, просмотр эпизодов из фильмов, созданных по художественным произведениям, письменные виды работ, беседы, беседы-рассуждения, аргументированная беседа, мини-спектакли, работа по подгруппам, составление синквейнов, тесты, дискуссии. Что касается поэзии, то выразительное чтение наизусть стихотворений, прослушивание записей стихов в прочтении известных актеров и самих поэтов. По творчеству писателей и поэтов- это доклады и выступления студентов, презентации студентов, в процессе которых они занимаются исследовательской работой и самопознанием. Особенный интерес кыргызскоязычные студенты выражают, когда проблемы и идеи преподносятся в сравнении с произведениями из отечественной литературы, из современной жизни, когда проводятся параллели между событиями и явлениями из жизни.

Соглашаясь с Б.А. Ланиным можно привести его слова: “... они и переживают социальный опыт вместе с литературными героями. В этом я вижу великое назначение школьного предмета «литература»” [1. С.33.]

Таким образом, изучая произведения художественной мировой литературы, знакомясь с героями произведений, студенты приобщаются к богатому миру литературы, которая обладает огромным развивающим и воспитательным потенциалом. Именно литература привносит духовный опыт человечества, развивает ум, возвышает чувства. Чтение художественной литературы – это показатель уровня культурного и нравственного формирования молодого поколения и развития общества.

### Список литературы

1. Ланин, Б.А. Читательский канон и литературное образование / Б.А.Ланин // Ценности и смыслы. - 2018. - № 5. - с.33.
2. Лихачев, Б.Т. Теория эстетического воспитания школьников / Б.Т.Лихачев. - М.: Просвещение, 1985.
3. Молчан, Э.М. Влияние цифровизации на формирование духовно-нравственных ценностей субъектов взаимодействия в эпоху глобализации / Э.М.Молчан // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Философские науки. 2019. № 2. С. 9. [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>
4. Никифорова, О.И. Психология восприятия художественной литературы. / О.И.Никифорова. -М.: Издательство «Книга»,1972.
5. Перевозная, Е.В. Нравственное воздействие на уроках литературы / Е.В. Перевозная. – Минск: “Народная асвета”, 1981.
6. Щербакова, Н.А. Мотивы чтения чтения современной молодежи / Н.А. Щербакова // Вестник МГУКИ. - 2009. [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>
7. Штольц, Х. Как воспитывать нравственное поведение /Х. Штольц, Р. Рудольф - М.: Просвещение, 1986.

**Н.В. Озерова<sup>1</sup>, И.В. Королев<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> МЭИнин улуттук изилдөө университети, Москва ш., Россия

<sup>1,2</sup> Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

<sup>1</sup>ORCID 0000-0002-1651-6154

<sup>2</sup>ORCID 000-0001-5513-5701

**N.V. Ozerova<sup>1</sup>, I.V. Korolev<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

*e-mail:* nozerova73@mail.ru, koroleviv@mail.ru

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### УЧУРДУН ШАРТТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДУК ТЕСТИРЛӨӨНҮН ПЕДАГОГИКАЛЫК МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮ

### PEDAGOGICAL POSSIBILITIES OF ELECTRONIC TESTING IN MODERN CONDITIONS

*Электрондук тестирилөөнүн актуалдуулугу контролдун башка формаларына жана дисциплинанын өткөн материалын өздөштүрүүгө баа берүү салыштырмалуу каралды. Бөгөт коюу мезгилинде электрондук тестирилөө өзгөчө популярдуу болуп калды. Класстык сааттар кыскарган шартта, мисалы, күндүзгү-сырттан окуу формасы үчүн жана дисциплиналарды өз алдынча изилдөө үчүн сааттар көбөйгөн шартта, электрондук тестирилөө контролдун милдеттүү формасы болуп калат. Ал контролдун бардык формаларынан ылдамдык менен ашып кетет, билимдеги кемчиликтерди аныктоого жардам берет, өзүнүн жөндөмдүүлүктөрүн өнүктүрүүгө умтулууну калыптандырат, студенттерди дисциплинаны өз алдынча изилдөөгө түрткү берет. Тестирилөөнүн Google формалары эң популярдуу, жөнөкөй, колдонуучуга ыңгайлуу онлайн тест кызматтарынын бири болуп саналат. Алар ар кандай багыттагы онлайн-тесттерди (сурамжылоолор, викториналар, анкеталар, тесттер) тез жана акысыз түзүүгө гана мүмкүнчүлүк бербестен, мугалимге маалыматтарды чогултууга, иштеп чыгууга жана зарыл болгон учурда тестирилөөнүн натыйжаларына кайрылуу мүмкүнчүлүгүн үнөмдөөгө мүмкүнчүлүк берет. Атайын аскердик операция жүрүп жаткандыктан, Google Россиядан биротоло "кетиши" мүмкүн, андыктан альтернативаны тандоо керек. Биз студенттер үчүн 7 популярдуу электрондук тест жазуу кызматын талдап чыктык. Төмөнкү артыкчылыктар каралды: интуитивдик интерфейс, тест түзүү үчүн атайын билимдин жоктугу, эстетикалык жасалгалоо, тесттердин жана тестирилген студенттердин санында чектөөлөрдүн жоктугу, тестти теңтууштары менен биргелешип редакциялоо, жоопторду автоматтык түрдө баалоо жана упай топтоо, тест тапшыруу аракеттерин чектөө, студенттердин комментарийлерин көрүү мүмкүнчүлүгү, колдонуу акысыз. Туура тандалган онлайн студенттик тестирилөө кызматы окуу программаларынын натыйжалуулугун жана аны тууралоо үчүн окуу процессинин өзүн туура баалоого мүмкүндүк берет.*

**Түйүндүү сөздөр:** электрондук тестирилөө, объективдүүлүк, тесттин ылдамдыгы, контролдоо формасы, даярдыкты мобилизациялоо, дисциплинаны өз алдынча изилдөө.

*Рассмотрена актуальность электронного тестирования в сравнении с другими формами контроля и оценки освоения пройденного материала дисциплины. В период локдаунов электронное тестирование стало особенно популярным. В условиях сокращения аудиторных часов, например, для очно-заочной формы обучения и увеличения часов для*

самостоятельного изучения дисциплин электронное тестирование становится обязательной формой контроля. Оно по скорости превосходит все формы контроля, помогает выявлять пробелы в знаниях, формирует стремление к развитию своих способностей, мотивирует студентов к самостоятельному изучению дисциплины. Одним из самых популярных, простых, удобных сервисов онлайн-тестирования являются Google Формы. Они позволяют не только быстро и бесплатно создавать онлайн-тесты любой направленности (опросы, викторины, анкеты, тесты), но и еще позволяют преподавателю сэкономить время на сборе, обработке данных и возможности обращения к результатам тестирования по необходимости. В связи с проведением специальной военной операции Google может окончательно «уйти» из России, поэтому необходимо подобрать альтернативу Google Формам. Нами было проанализировано 7 популярных сервисов для составления электронных тестов для студентов. Учитывались следующие преимущества: интуитивно понятный интерфейс, отсутствие специальных знаний для создания теста, эстетическое оформление, отсутствие ограничений по количеству тестов и тестируемых студентов, совместное редактирование теста с коллегами, автоматическая оценка ответов и начисления баллов, ограничение попыток прохождения теста, возможность просмотра комментариев студентов, бесплатность использования. Правильно подобранный онлайн-сервис для тестирования студентов позволяет правильно оценить эффективность программ обучения и самого процесса обучения с целью его корректировки.

**Ключевые слова:** электронное тестирование, объективность, скорость тестирования, форма контроля, мобилизация подготовки, самостоятельное изучение дисциплины.

*The relevance of electronic testing in comparison with other forms of control and evaluation of the development of the passed discipline material is considered. During the lockdown period, electronic testing became especially popular. In conditions of reducing classroom hours, for example, for full-time and part-time education and increasing hours for self-study of disciplines, electronic testing becomes a mandatory form of control. It surpasses all forms of control in speed, helps to identify gaps in knowledge, forms a desire to develop their abilities, motivates students to study the discipline independently. One of the most popular, simple, convenient online testing services is Google Forms. They allow not only to create online tests of any orientation quickly and for free (surveys, quizzes, questionnaires, tests), but also allow the teacher to save time on collecting, processing data and the ability to access the test results as needed. In connection with a special military operation, Google may finally "leave" Russia, so it is necessary to find an alternative to Google Forms. We analyzed 7 popular services for compiling electronic tests for students. The following advantages were taken into account: intuitive interface, lack of special knowledge to create a test, aesthetic design, no restrictions on the number of tests and students being tested, joint editing of the test with colleagues, automatic evaluation of answers and scoring, limitation of attempts to pass the test, the ability to view student comments, free of charge. A properly selected online service for testing students allows you to correctly assess the effectiveness of training programs and the learning process itself in order to adjust it.*

**Key words:** *electronic testing, objectivity, speed of testing, form of control, mobilization of training, independent study of the discipline.*

С 2019 года в НИУ «МЭИ» преподавателями используется балльно-рейтинговая система (БАРС) оценки качества знаний студентов. Данная система обеспечивает более высокий уровень планирования учебного процесса, создает состязательность студентов в учебе, стимулирует регулярную работу студентов в семестре, помогает закрепить знания, подготавливает к промежуточной аттестации, повышает мотивацию к изучению предмета, способствует освоению новых информационных технологий [1].

БАРС в обязательном порядке предусматривает наличие контрольных мероприятий для оценки знаний и навыков студентов, а также выставление за них оценок. Таким образом оценки, полученные за контрольные мероприятия, проводимые в течение семестра, формируют семестровую составляющую. После сдачи зачета или экзамена в БАРС выставляется соответственно «зачетная» или «экзаменационная» составляющая и в электронной ведомости БАРСа появляется оценка за освоение дисциплины.

БАРС мотивирует студентов равномерно прорабатывать изученный материал дисциплины в течение семестра, добросовестно готовиться к контрольным мероприятиям.

Часто в соответствии с рабочей программой дисциплины в качестве контрольного мероприятия используют тестирование студентов.

Например, в НИУ «МЭИ» для направлений подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника; 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 15.03.03 Прикладная механика для дисциплины «Экология» предусмотрены только лекционные занятия в потоке свыше 6 групп студентов. Количество студентов, присутствующих одновременно на лекции может превышать 100 человек.

В таких условиях электронное тестирование становится самым удобным и объективным методом проверки знаний студентов, который позволяет оценить результаты в количественных показателях. Оно позволяет закрепить пройденный материал на определенном этапе обучения, выделить ключевые моменты из изученного материала. Промежуточное электронное тестирование мотивирует студента вовремя разобраться в пройденном материале, почитать дополнительную литературу до сессии, если он что-то неправильно понял на лекции.

Для проведения тестирования больше не нужно распечатывать бланки с вопросами. Можно использовать специальные платформы для онлайн-тестирования. Это сервисы, которые позволяют создавать тесты, отправлять ссылку на их прохождение любому количеству студентов и генерировать отчетность о результатах.

Общеуниверситетская система электронной почты (ОСЭП) НИУ «МЭИ» позволяет осуществлять отправку ссылки на тест одновременно студентам нескольких групп, что позволяет сэкономить время на лекции. В весеннем семестре 2021-2022 учебного года нами проводились лекции по «Экологии» онлайн и мы в течение нескольких минут успешно проводили электронное тестирование в Google Формах. Результаты электронного тестирования в Google Формах были информативны.

Google Формы обладают следующими преимуществами:

1. Интуитивно понятный интерфейс, не требуется специальных знаний для создания теста.
2. Возможность эстетического оформления, например, с загрузкой фото и различных тем.
3. Создание разного вида вопросов: от простых текстовых полей до сложных шкал и сеток с возможностью добавления в форму видеороликов и фотографий.
4. Отсутствие ограничений в создании количества тестов, вопросов и полученных ответов.
5. Возможность отправки созданных тестов по электронной почте одновременно десяткам студентов.
6. Совместное редактирование теста с коллегами.
7. Автоматическая оценка ответов и начисления баллов [2].

Нами было проанализировано 7 популярных сервисов для составления электронных тестов для студентов (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнение онлайн-сервисов для электронного тестирования

Показатель	Google Forms	Microsoft Forms	Yandex Forms	Unicraft	Online Test Pad	Kahoot!	Plickers
Вывод результата и составление отчёта	+	+	+	+	+	+	+
Наличие устройства только у преподавателя	-	-	-	-	-	-	+
Вопросы на установление соответствия	-	-	-	+	+	-	-
Фото-/видео-фрагменты	+	+	+	+	+	+	+
Случайный порядок ответов	+	+	+	-	+	+	-
Случайный порядок вопросов	+	+	+	-	+	+	-
Возможность исправления ошибок	-	-	-	+	+	-	-
Ограничение по времени	+	-	-	+	+	+	+
Совместное редактирование теста с коллегами	+	-	+	-	-	+	-
Бесплатность	+	-	-	+2 месяца	+	+ 7 дней	+

В предстоящем семестре мы будем проводить электронное тестирование в очном формате. Перед нами возникла задача подобрать альтернативу Google Формам.

Современные системы дистанционного тестирования не требуют больших затрат. Большинство из них находятся в облаке, работают и поддерживаются удаленно. Вам нужно только создать аккаунт и начать пользоваться всеми преимуществами сервисов [3].

Бесплатность большинства онлайн-сервисов для тестирования условна, нужна либо подписка, либо есть ряд ограничений.

Например, в бесплатной версии Kahoot! для создания тестов доступны только два типа вопросов: с одним верным ответом из четырех и формата «правда/ложь» [4].

Online Test Pad позволяет не только рассчитать количество баллов, но процент от максимального, отображать время тестирования, перемешивать и отбирать вопросы для тестирования. Недостатками онлайн-сервиса являются: частые интернет-атаки из-за популярности, устаревший дизайн тестов [4].

Представленные онлайн-сервисы для электронного тестирования хорошо подходят для контроля усвоения теоретического материала по одной определенной теме. Это тематические задания [5]. Они необходимы для контрольного мероприятия в БАРСе.

**Заключение.** В современных условиях обучения необходимо овладевать как можно большим количеством онлайн-сервисов и учить студентов пользоваться ими.

Электронное контрольное тестирование как контрольное мероприятие в БАРСе:

1. создает состязательность студентов в учебе;
2. стимулирует регулярную работу студентов в семестре;
3. помогает закрепить знания;
4. подготавливает к промежуточной аттестации;
5. повышает мотивацию к изучению предмета.

Возможность умения использования разных онлайн-сервисов для контрольного тестирования обеспечивает более высокий уровень планирования учебного процесса; способствует освоению новых информационных технологий; экономии времени при сборе и обработке данных возможность систематизации полученных результатов; предотвращение влияния личных симпатий контролирующего на результаты тестирования.

### Список литературы

1. Звонкова, Н.В. Анализ реализации балльно-рейтинговой системы в «НИУ «МЭИ» на примере дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»: Материалы V научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования», / Н.В. Звонкова, И.В. Королев, Н.В. Озерова. - М.: НИУ «МЭИ» – 2020. - с. 109-112.
2. Огудина, Я.Ю. Возможности проведения тестирования на основе гугл-форм: XIV Международная студенческая научная конференция. Студенческий научный форум -2022. Педагогические науки. Развитие навыков XXI века в цифровой школе / Я. Ю. Огудина [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2022/article/2018029115> (дата обращения:10.01.2023).
3. Онлайн тестирование: контроль знаний при дистанционном обучении [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.unicraft.org/blog/6339/distancionnoe-testirovanie/> (дата обращения:10.01.2023).
4. Путина, К. 7 лучших сервисов для создания тестов и опросов / К. Путина [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.eduneo.ru/7test/> (дата обращения:10.01.2023).
5. Донская, Е. Ю. Тестирование как неотъемлемая часть системы дистанционного обучения в высшей школе / Е.Ю. Донская // Мир науки. Педагогика и психология, 2020 №1, [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mir-nauki.com/PDF/67PDMN120.pdf> (дата обращения:10.01.2023).



**Р. М. Султаналиева<sup>1</sup>, А.М.Тынышова<sup>2</sup>, Н.С.Керменбаева<sup>3</sup>**

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

<sup>1</sup> ORCID 0000-0002-1391-929X

<sup>2</sup> ORCID 0000-0001-8838-4034

<sup>3</sup> ORCID 0000-0003-0577-2133

**R. M. Sultanalieva<sup>1</sup>, A.M.Tynyshova<sup>2</sup>, N.S.Kermenbaeva<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

e-mail: tynyshova@mail.ru

## МЕКТЕП ОКУУЧУЛАРЫНЫН ФИЗИКАЛЫК ОЛИМПИАДАЛАРЫН УЮШТУРУУДА МААЛЫМАТТЫК ИННОВАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ОЛИМПИАД ШКОЛЬНИКОВ

#### THE USE OF INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF PHYSICAL OLYMPIADS OF SCHOOLCHILDREN

*Статьяда физикалык Олимпиадаларды уюштурууда, өткөрүүдө зарыл болгон маалыматтык инновациялык технологиялардын бири Google сервистеринин ишинин элементтери берилет. Олимпиаданы уюштурууда И.Раззаков атындагы КМТУнун “Физика” кафедрасынын окутуучуларынан турган методикалык комиссия инновациялык технологияларды колдонуу менен олимпиаданын тапшырмаларын санарип ресурстардын жардамы менен республиканын мектептериндеги окуучуларды физика боюнча Улуттук олимпиадага катышуусун сунуштап, олимпиадалык тесттерди системалаштыруу үчүн Google сервистерин пайдаланган. Улуттук олимпиаданын жыйынтыгынын негизинде Эл аралык олимпиадаларга катышуучуларды тандоодо көп этаптуу, системалуу даярдоо ыкмаларын киргизүү, олимпиадаларды уюштуруунун жаңы формалары, жеңүүчүлөрдү аныктоонун рейтингдик системасы киргизилген.*

**Түйүндүү сөздөр:** улуттук олимпиада, инновациялык маалыматтык технологиялар, компьютердик технологиялар, компьютердик тестирлөө, маалыматтык мейкиндик, инновациялык сервистер.

*В статье представлены элементы работы сервисов Google, одной из инновационных информационных технологий, необходимых для организации и проведения Физической олимпиады. При организации олимпиады методическая комиссия в составе преподавателей кафедры «Физика» КГТУ им. И. Раззакова, с использованием инновационных технологий предложила задания олимпиады с помощью цифровых ресурсов, а для систематизации использовала сервисы Google. По итогам Национальной олимпиады внедрены многоэтапные, систематические методы подготовки при отборе участников на Международные олимпиады, новые формы организации олимпиад, рейтинговая система определения победителей.*

**Ключевые слова:** национальная олимпиада, инновационные информационные технологии, компьютерные технологии, on-line тестирование, информационное облако, инновационные сервисы.

*The article presents the elements of the work of Google services, one of the innovative information technologies necessary for the organization and conduct of the Physics Olympiad. When organizing the Olympiad, the methodological commission consisting of teachers of the Department of Physics of KSTU named after. I. Razzakov, using innovative technologies, proposed the tasks of the Olympiad with the help of digital resources, and used Google services for systematization. Based on the results of the National Olympiad, multi-stage, systematic methods of preparation were introduced in the selection of participants for the International Olympiads, new forms of organizing Olympiads, and a rating system for determining winners.*

**Key words:** national olympiad, innovative information technologies, computer technologies, on-line, testing, information cloud, innovative services.

**Киришүү:** Бүгүнкү күндө предметтик олимпиадаларды уюштурууда маалыматтык компьютердик технологиялардын (мындан ары - МКТ) колдонуусу мектеп окуучуларынын чоң көлөмдөгү окуу-методикалык маалыматтарды издөөгө, системалаштырууга, физикалык олимпиадаларга даярдоого көмөктөшөт. Инновациялык режимде олимпиадаларды өткөрүү процессин уюштуруу жана контролдоо боюнча иштер көп тараптуу талдоону, окуу процессине мониторинг жүргүзүүнү, өзгөртүү динамикасын жана өз убагында оңдоолорду ыкчам байкоо жүргүзүүнү талап кылат. Кыргызстанда 2015-жылдан тартып, Ош шаарында предметтик олимпиадалардын шаардык турун электрондук түрдө өткөрүү киргизилип, 2016-ж. биринчи жолу мектеп окуучуларын видеого тартуу колдонулган. [6, 215-218-б.]. Бул чаралар албетте олимпиадалардын жыйынтыктарынын объективдүүлүгүнө оң таасирин тийгизет.

Билим берүү процессиндеги мугалимдин жана окуу жайлардын ишмердүүлүгүндө талапка ылайык маалыматтык компьютердик технологиялар эң мобилдүү, динамикалык жана чыгармачыл чөйрөлөрүнүн бири болуп саналып келе жатат. Бул процесстен арта калбоо үчүн физика предмети боюнча онлайн олимпиадаларды уюштурууда кызыкдар тараптардын талаптары маанилүү роль ойнойт. Кызыкдар тараптарды билим берүү процессинде стейкхолдорлор деп атайбыз [1]. Алар:

- 1) билим берүү мекемелеринин шаардык жана райондук бөлүмдөрү, Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлиги;
- 2) областык, райондук жана шаардык мектептердин мугалимдери;
- 3) окуучулар;
- 4) ата-энелер;
- 5) олимпиаданы уюштурган университеттин жетекчилиги жана кафедра.

Жогорудагы элементтердин бардыгы on-line режиминде иштеши керек. Оксфорд сөздүгүндө аныкталгандай, **on-line** термини Интернет аркылуу жеткиликтүү, иштетилген жана иштөөгө даяр болгон активдүүлүк кызмат катары аныкталат [2].

- билим берүү мекемесинин же ЖОЖдын сайтында бирдиктүү маалыматтык мейкиндикти түзүүнүн принциптери боюнча жетекчинин ролун жана ордун түшүндүрүү;

- компьютердук программалардын жана сервистердин негизинде маалыматты киргизүү-чыгаруу түзүлүштөрүнүн, компьютердик тармактардын иштешин жана анын максатын негиздөө [3];

-окуучуларды, ата-энелерди жана мугалимдерди байланыштырууга мүмкүндүк берген сайтты түзүү жана иштетүү. Ал алыскы региондордогу мектеп олимпиадаларына катышуучуларга маалыматтарды так жеткирүү үчүн Telegram же WhatsApp тиркемесин колдонуп, группаларды түзүү жана алардын иштешин кароо;

- олимпиаданы өткөрүү мезгилиндеги окуучулардын **on-line** тесттен өтүүдө пайдалануу мүмкүнчүлүктөрүн кароо жана жыйынтыктарын анализдөө;

-олимпиаданы уюштурган мекеменин мүчөлөрү кылдаттык менен олимпиадалык маселелерди табууда, китептерди издөө алкагында көп салымдарын сунуштайт.



Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлиги инновациялык режимде Улуттук физикалык олимпиаданы өткөрүү процессин уюштуруу жана контролдоо боюнча ишти И.Раззаков атындагы “Физика” кафедрасына сунуштаган.

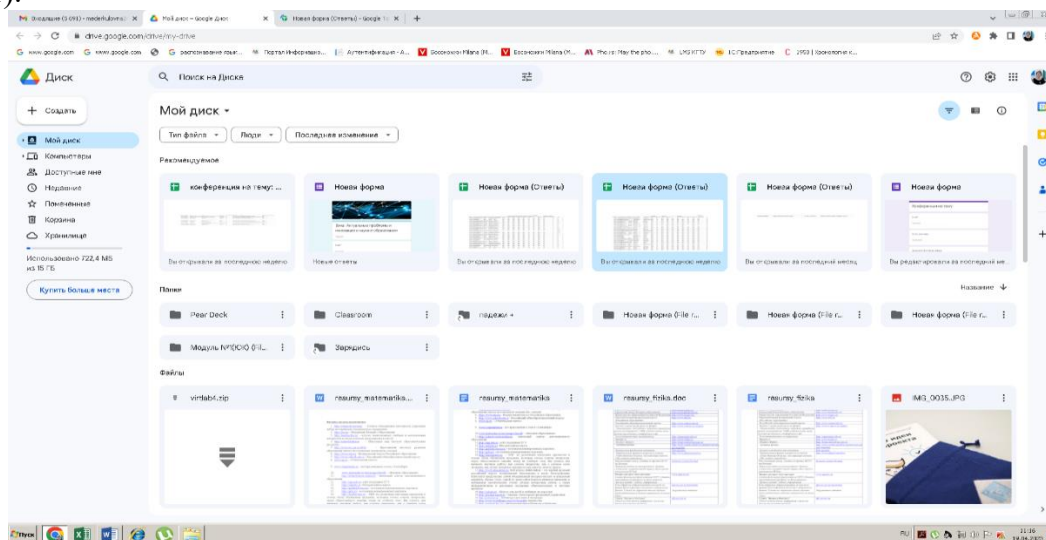
Улуттук олимпиада төрт этапта өткөрүлөт:

- I этап - январь (онлайн),
- II этап - февраль (онлайн),
- III этап - март (офлайн),
- IV этап - апрель (офлайн).

Бул олимпиаданын максаты - жөндөмдүү мектеп окуучуларын аныктоо, билим деңгээлин жогорулатуу, чыгармачыл таланттарды табуу, илимий-изилдөө иштерине кызыгууну арттыруу, ошондой эле эл аралык сынактарга катышуу үчүн Кыргыз Республикасынын командасын түзүү жана аларга даярдоо. Бул олимпиадага республикалык ар бир регионунан 7-класстан баштап 11-класска чейинки окуучулар катыша алышат. Башталышында окуучулар онлайн каттоодон өтүшү керек.

Физикалык олимпиаданын 1 жана 2-турун өткөрүү маалыматтык-коммуникациялык технологиялардын бир ыкмасы катары on-line режиминде тестирилөө каралган. Компьютердик тестирилөө- окуу процессинде тигил же бул формада көптөн бери колдонулуп келген. Салттуу түрдө тестирилөө өтө көп убакытты талап кылган процесс. Компьютерди колдонуу менен жана Google сервисти пайдалануу менен тестирилөө процесси технологиялык жактан өнүккөндүктөн, жакынкы келечекте ал студенттердин жана окуучулардын билим деңгээлин көзөмөлдөөнүн негизги элементи болуп калышы мүмкүн [3].

Маалыматтардын негизинде Google сервистерин физикалык олимпиаданы өткөрүүдө пайдалануунун негиздөөсү катарында каралган. Google'дун мүмкүнчүлүктөрүнөн пайдалануу үчүн кызматка катталуу жетиштүү, бардык мүмкүнчүлүктөр бекер каралган, кошумча эч нерсе жүктөөнүн кажети жок, бир гана шарт - интернетке үзгүлтүксүз кирүү. Мугалимдердин жана окуучулардын ишин уюштура алган Google кызматтарын карап көрөлү (1-сүрөт).



1-сүрөт. Google сервисинин кызматтары

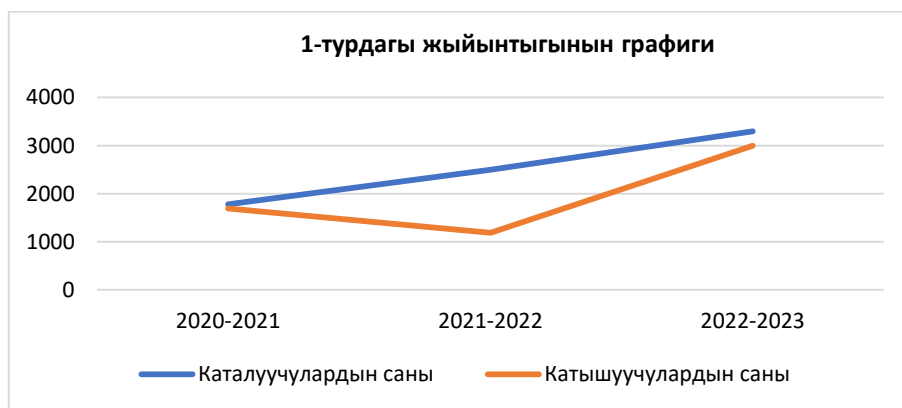
Google Forms кызматы маалыматтык технологиялар тармагында атайын билими жок студенттер үчүн анкета же тест түзүүгө мүмкүндүк берет (2-сүрөт). Олимпиаданын уюштуруучулары берилген шаблон аркылуу тест түзүүлөрү керек. Түзүлгөн тесттин шилтемесин окуучуларга жөнөтүп, чектелген убакытта алынган окуучулардын аткарган тесттеринин маалыматтарын анализдөө жана жыйынтыгын чыгаруу жеңилдикти туудурат. Тесттик ишти аткаруунун мөөнөтү аяктагандан кийин ага кирүү жабылат, алыскы платформада катышкан окуучулардын фамилиясы жана аты, алардын почта ящиктери, ар бир окуучулардын ар бирине берген суроолордун жоопторунун жыйынтыктары тууралуу



Окуучуларга республикалык олимпиадаларга, ошондой эле улуттук предметтик олимпиадага параллелдүү катышуу укугу берилген. Улуттук физикалык олимпиаданын максаты эл аралык олимпиадаларга катышуу үчүн татыктуу окуучуларды тандоо, ошондуктан тапшырмалар жогорку татаалдыкта, мүмкүн болушунча эл аралык стандарттарга жакын болуп түзүлөт. Олимпиадалык тапшырмаларды иштеп чыгуу, өткөрүү үчүн эл аралык олимпиадаларды өткөрүү боюнча тажрыйбасы бар, ошондой эле эл аралык олимпиадаларга окуучуларды жетектеп келген И.Раззаков атындагы КГТУнун “Физика” кафедрасынын окутуучулары жана эл аралык олимпиаданын жеңүүчүлөрүнөн, “Сапат” билим мекемелиринин мугалимдеринен турган курам тандалган. Эл аралык олимпиадалардын талаптарына ылайык түзүлгөн олимпиадалык тапшырмалардын татаалдыгын эске алуу менен Улуттук физикалык олимпиаданын жеңүүчүлөрү (республикалык) этаптын катышуучуларынын жалпы санынын пайыздык ченинде рейтинг боюнча аныкталат. Улуттук физикалык олимпиаданын жеңүүчүлөрү эл аралык олимпиадаларды уюштуруу комитетинин рейтингине жана белгиленген квотасына ылайык эл аралык олимпиадаларга катышуу укугуна ээ болушат. 1-этаптын жыйынтыгы боюнча ар бир катышуу күнүнүн жыйынтыгы өзүнчө бааланат жана эске алынат. Ушул жылдардын ичинен олимпиадага катышуунун саны өсүүдө. Аны таблица жана график менен карап көрүүсү сунушталат (1-таблица, 4-сүрөт).

1-таблица Олимпиадага катышуучулардын саны

Окуу жыл	Катталуучулардын саны	Катышуучулардын саны
2020-2021	1780	1690
2021-2022	2500	1186
2022-2023	3294	2998



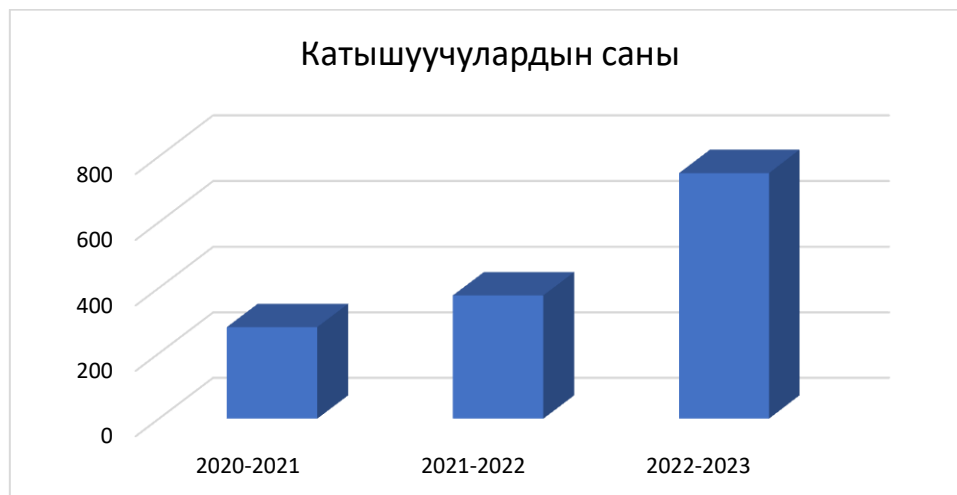
4-сүрөт. 2020-2023 жж. Улуттук олимпиаданын 1-турдагы жыйынтыгы

Экинчи этапка жалпы катышуучулардын 50% түзгөн жогорку балл алган окуучулар өтүшөт. Бул этаптын тапшырмалары 10 эсептен жана төрт жооптон турат, жалпысынан 30 балл менен бааланган. Экинчи этаптын эки күндүк жыйынтыгынын негизинде, кийиники этапка, максималдуу алган гана окуучулар өтүшө алган, төмөнкү таблицада жана графикте көрсөтүлгөн (2-таблица, 5-сүрөт).

2-таблица

Окуу жыл	Катышуучулардын саны
2020-2021	280
2021-2022	377
2022-2023	749

Бул Улуттук олимпиаданын жыйынтыгынын негизинде Эл аралык олимпиадаларга катышуучуларды тандоодо көп этаптуу, системалуу даярдоо ыкмаларын киргизүү, олимпиадаларды уюштуруунун жаңы формалары, жеңүүчүлөрдү аныктоонун рейтингдик системасы киргизилди. Ар кайсы этапта өткөрүлгөн олимпиадалардын жыйынтыктары талданып, келечектеги олимпиадаларды өткөрүүнүн эффективдүү методдору сунушталды. [7].



5-сүрөт. 2020-2023 жж. Улуттук олимпиаданын 2-турдагы жыйынтыгы

**Жыйынтык:** Google сервистеринин мүмкүнчүлүктөрүнөн пайдалануу физикалык олимпиадаларды on-line өткөрүүдө абдан ыңгайлуу экени көрсөтүлдү. Көп сандагы катышуучуларды каттоо, алардын тапшырмаларын текшерүү өтө ыкчам, алган баллдары боюнча ранжировка, суроолор болсо сайт аркылуу катышуучулар менен байланышуу. Мындан тышкары, Google Forms платформасы визуалдык жана ыңгайлуу формада жооптор боюнча негизги статистиканы берет (орточо балл, минималдуу жана максималдуу балл, жыйынтыктарды баллдар боюнча бөлүштүрүү, окуучулар арасында эң көп кыйынчылыктарды жараткан суроолорду бөлүп көрсөтүү). Мунун баары уюштуруучуларга окуучулардын белгилүү бир көндүмдөрүн жана билимдерин калыптандырууга тез баа берүүгө мүмкүндүк берүүчү баалуу маалыматтарды берет. МКТны колдонуу окуучулардын окууга, физикалык интеллектуалдык сынактарга катышууга ынтызарын жогорулатат, көмөк көрсөтөт предметтик олимпиадалардын жыйынтыктарынын объективдүүлүгү ачык айкын ар бир катышуучу көзөмөлдөй алат. Мындай технологияларды окуу процессинин башка кызматтарына да колдонууга болот, ошондуктан ЖОЖ дордун мугалимдеринин чеберчилигин жогорулатууга, окуу процессинде компьютердик технологияларды колдонууга окуу жайлардын администрациясы көмөктөшүп, заманбап компьютердик программалар боюнча семинарларды, тренингдерди, квалификацияны жогорулатуу курстарын өркүндөтүш керек.

#### Адабияттар тизмеси

1. Фоминых, И. В. Роль учебно-методического комплекса в обеспечении качества образования // Теория и практика образования в современном мире: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2014 г.) / И.В.Фоминых. — СПб.: Заневская площадь, 2014. — С. 307-309. — URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/145/6767/> (дата обращения: 01.06.2019).

2. John Simpson, Edmund Weiner и Марри, Джеймс Огастес Генри, Оксфордский словарь английского языка. Издательство Оксфордского университета. ISBN 978-0-19-861186-8.

3. Елизаров, А.А. Информационные технологии в управлении образованием: Программа и методические рекомендации / А.А. Елизаров. - Москва: НФПК, 2006. - С. 7-8.
4. Плотникова, И.А. Методика тестового контроля в старших классах / И.А.Плотникова // Информатика и образование - М.: 2000 - №1.
5. Шмотьев, А.Ю. Возможности использования Google-сервисов в образовании / А.Ю. Шмотьев Наука и перспективы. – 2017. - №3. - Филиал РГППУ в г.Н.Тагил, г.Н.Тагил, Россия.<https://cyberleninka.ru/article/v/vozmozhnosti-ispolzovaniya-google-servisov-v-obrazovanii> (дата обращения 18 мая 2019г.)
6. Келдибекова, А.О. Опыт организации школьных математических олимпиад в Кыргызстане / А.О.Келдибекова / Известия вузов Кыргызстана. - Бишкек, 2016. - № 5. - С. 215-218.
- 7.Султаналиева, Р.М. Эл аралык олимпиадаларда Кыргызстандык окуучулардын орду / Р.М.Султаналиева, Б.Б.Байболотова // Вестник КГУ им. И. Арабаева. - 2018. - №2.

УДК 539.17: 539.141/.142

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1817-1825

Г.Б. Абдраманова<sup>1</sup>, А.А. Жакыпбек<sup>2</sup>, А.Т. Зиябек<sup>3</sup>, А. С. Буланбаева<sup>4</sup>

Аль-Фараби атындагы Казак улуттук университети, Алматы, Казакстан Республикасы  
<sup>1,2,3,4</sup> Казахский Национальный университет имени аль - Фараби, Алматы, Республика  
Казакстан

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4722-141X

<sup>2</sup>ORCID: 0009-0006-5792-2534

<sup>3</sup>ORCID: 0009-0004-5361-8266

<sup>4</sup>ORCID:0009-0008-6541-3902

G.B. Abdramanova<sup>1</sup>, A.A. Zhakypbek<sup>2</sup>, A.T. Ziyabek<sup>3</sup>, A.S. Bulanbayeva<sup>4</sup>

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: banu.95@mail.ru\_aruzhan.zhakypbek01@gmail.com\_ziyabek.alfiya@bk.ru  
arai\_bul@mail.ru

## УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ АДРОНОВ НА ИЗОТОПАХ НЕ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

### АРАЛЫК ЭНЕРГИЯЛАРДА ГЕЛИЙ ИЗОТОПТОРУ МЕНЕН АДРОНДОРДУН СЕРПИЛГИЧ ЧАЧЫРАШЫ

### ELASTIC SCATTERING OF HADRONS BY HE ISOTOPES AT INTERMEDIATE ENERGIES

Глаубердин көп чачырандылыктын дифракциялык теориясынын негизинде адрондордун аралык энергиялардагы  $^3\text{He}$  жана  $^4\text{He}$  изотопторунун серпилгичтүү чачырашы изилденет.  $^3\text{He}$  изотопунун ички абалы эң жөнөкөй осциллятор функциясы менен сүрөттөлөт. Бул функция бул ядронун статикалык мүнөздөмөлөрүн жакшы чагылдырат.  $^4\text{He}$  структурасыз бөлүкчө катары каралбайт. Бул иште иштелип чыккан эсептөө схемасы кесилишке салымдарды бир, эки жана үч эселенген чачыратуудан бөлүүгө мүмкүндүк берет. Алардын ар бири белгилүү импульстарда үстөмдүк кылат.  $^3\text{He}$  үчүн эсептөө натыйжалары түшкөн протондун эки энергиясы: 600 жана 715 МэВ болгон эксперименталдык маалыматтар менен салыштырылат жана аларды жакшы кайра чыгарат.  $^4\text{He}$  менен чачыратуу үчүн натыйжалар 560 МэВ энергияда берилген. Бардык графиктер кесилишинин абсолюттук маанисин да, дифракциялык минимумдун абалын да канааттандырууларлык түрдө сүрөттөйт. Иштелип чыккан эсептөө схемасы жана элементардык нуклон-нуклондук амплитудасынын табылган параметрлери маанилүү, анткени алар татаал процесстерди талдоодо колдонулушу мүмкүн.

**Түйүндүү сөздөр:** Глаубер дифракция теориясы, жарык ядролорунун кластердик түзүлүшү, адрон-нуклондун элементардык амплитудасы, дифференциалдык кесилиши,  $^3\text{He}$  жана  $^4\text{He}$  ядросунун түзүлүшү, чачыратуу оператору.

В работе на основе дифракционной теории многократного рассеяния Глаубера исследовано упругое рассеяние адронов на изотопах  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$  при промежуточных энергиях. Внутреннее состояние изотопа  $^3\text{He}$  описано простейшей осцилляторной функцией. Данная функция хорошо воспроизводит статические характеристики данного ядра.  $^4\text{He}$



*рассматривается как бесструктурная частица. Разработанная в работе схема расчета позволяет выделить вклады в сечение от однократного, двукратного и трехкратного рассеяния. Каждый из них является доминирующим при определенных переданных импульсах. Результаты расчетов для  ${}^3\text{He}$  сравниваются с данными эксперимента при двух энергиях налетающего протона: 600 и 715 МэВ и хорошо воспроизводит их. Для рассеяния на  ${}^4\text{He}$  приведены результаты при энергии 560 МэВ. Во всех графиках удовлетворительно описывается как абсолютная величина сечения, так и положение дифракционного минимума. Разработанная схема расчета и найденные параметры элементарной нуклон-нуклонной амплитуды являются важными, так как они могут быть использованы при анализе более сложных процессов.*

**Ключевые слова:** *дифракционная теория Глаубера, кластерная структура легких ядер, адрон-нуклонная элементарная амплитуда, дифференциальное сечение, структура ядра  ${}^3\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$ , оператор рассеяния*

*Based on Glauber's diffraction theory of multiple scattering, the elastic scattering of hadrons by  ${}^3\text{He}$  and  ${}^4\text{He}$  isotopes at intermediate energies is studied. The internal state of the  ${}^3\text{He}$  isotope is described by the simplest oscillator function. This function reproduces well the static characteristics of this kernel.  ${}^4\text{He}$  considered as a structureless particle. The calculation scheme developed in this work makes it possible to separate the contributions to the cross section from single, double, and triple scattering. Each of them is dominant at certain transmitted impulses. The calculation results for  ${}^3\text{He}$  are compared with the experimental data at two energies of the incident proton: 600 and 715 MeV and reproduce them well. For scattering by  ${}^4\text{He}$ , the results are given at an energy of 560 MeV. All graphs satisfactorily describe both the absolute value of the cross section and the position of the diffraction minimum. The developed calculation scheme and the found parameters of the elementary nucleon-nucleon amplitude are important, since they can be used in the analysis of more complex processes.*

**Key words:** *Glauber diffraction theory, cluster structure of light nuclei, hadron-nucleon elementary amplitude, differential cross section,  ${}^3\text{He}$  and  ${}^4\text{He}$  nucleus structure, scattering operator.*

**Введение.** Экспериментальное и теоретическое исследование свойств легких ядер и механизмов взаимодействия с ними других частиц являются важными задачами теории атомного ядра и ядерных реакции. А именно легкие ядра представляют интерес в связи с тем, что у них не так уж много нуклонов, что облегчает их теоретическое исследование, и в то же время у них достаточно нуклонов, чтобы проявились различные аспекты ядерного взаимодействия многих тел. Основными методами исследования при этом является изучение упругого и неупругого рассеяния различных частиц. Из всех частиц на сегодняшний день наиболее полно исследовано упругое и неупругое рассеяние протонов в достаточно широком диапазоне энергии и углов. В связи с этим можно отметить большой цикл экспериментальных работ коллаборации GSI-ПИЯФ (Германия-Россия) [1-3], где из года в год очень аккуратно измерены дифференциальные сечения взаимодействия протонов со следующими ядрами:  ${}^{3,4,6,8}\text{He}$ ,  ${}^{8,9,11}\text{Li}$ ,  ${}^{12,14}\text{Be}$ . Одним из интересных результатов этих работ является подтверждение экзотической гало структуры некоторых исследованных ядер. Этой же научной коллаборацией недавно выполнен новый и очень важный эксперимент [4], где для ядер  ${}^7\text{Be}$  и  ${}^8\text{B}$  измерено дифференциальное поперечное сечение упругого рассеяния протонов на передние углы при энергии 700 МэВ.

Теоретический анализ реакции с легкими экзотическими ядрами проводится на основе различных моделей, таких как: метод связанных каналов, импульсное приближение с

плоскими и искаженными волнами, релятивистское импульсное приближение, оптическая модель, теория многократного рассеяния Глаубера и т.д. Возможность применения для анализа того или иного метода зависит от многих факторов, в том числе от энергии взаимодействующих частиц, от кинематики реакции и т.д. Рассеяния частицы с энергией несколько сот МэВ на небольшие углы очень хорошо описываются теорией многократного рассеяния Глаубера [5]. Теория Глаубера является признанным и очень надежным инструментом таких исследований и в настоящее время очень успешно используется для анализа различных упругих и неупругих процессов (см. например, одну из последних работ [6]). Мы планируем в дальнейшем провести теоретический анализ результатов работы [4] в рамках теории Глаубера. В связи с этим нами ранее в работе [7] разработан математический формализм для расчетов дифференциальных сечений этой реакции. Внутреннее состояние ядра  ${}^7\text{Be}$  с хорошей точностью описывается ( $\alpha$ - $\tau$ ) двухтельной волновой функцией [8], где  $\tau \equiv {}^3\text{He}$ . В таком приближении рассеяние протона на  ${}^7\text{Be}$  в рамках теории Глаубера сводится к сумме однократных рассеяний на  $\alpha$  и  ${}^3\text{He}$  кластерах и двукратному рассеянию на обоих кластерах. При этом  $\alpha$ -частицу можно считать безструктурной и параметры элементарной  $\alpha$ -амплитуды в Глаубер расчетах брать из других независимых экспериментов в соответствующей кинематической области. Однако, для  $p$ - ${}^3\text{He}$ -рассеяния ситуация несколько иная, для него в настоящее время в научной литературе отсутствует параметризация элементарной амплитуды. Поэтому в разработанном нами формализме рассеяние протона на  ${}^3\text{He}$ -кластере рассматривается с явным учетом его трехнуклонной структуры. Для таких расчетов важным является вопрос о том, насколько корректно описывается свободное  $p$ - ${}^3\text{He}$ -рассеяние в интересующей нас кинематической области с подобранными нами параметрами NN-амплитуды. Именно к этому вопросу посвящена данная работа.

Упругое рассеяние протонов на ядре  ${}^3\text{He}$  при промежуточных энергиях экспериментально и теоретически исследовано в ряде работ [9-18]. В подавляющем большинстве этих работ измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния. Есть отдельные работы, где измерены поляризационные характеристики [13,15]. В теоретическом анализе этих данных обсуждаются такие вопросы, как короткодействующая корреляция между нуклонами, эффект трехчастичных сил и т.д. В работе [19] обсуждается роль приближения коммутативности профильных функции в теории Глаубера и связанной с ним необходимость учитывать временной порядок столкновений в процессах многократного рассеяния.

В данной работе в рамках теории многократного рассеяния Глаубера мы анализируем рассеяния протонов на ядре  ${}^3\text{He}$  при энергиях 600 и 715 МэВ. Необходимых экспериментальных данных берем из работ [9,13]. Апробированные здесь схема расчета и найденные параметры элементарных NN-амплитуд в дальнейшем будут использованы в теоретическом анализе рассеяния протонов на  ${}^7\text{Be}$ .

**1. Элементы математического формализма.** Дифференциальное поперечное сечение рассеяние определяется следующим выражением:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |M_{if}(q)|^2, \quad (1)$$

где  $M_{if}(q)$  матричный элемент исследуемого процесса. Для упругого рассеяния протонов на ядре  ${}^3\text{He}$  он имеет следующий вид:

$$M_{if}(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int d\vec{\rho} d\vec{R}_{3He} \exp(i\vec{q}\vec{\rho}) \delta(\vec{R}_{3He}) \langle \Phi_{3He} | \Omega | \Phi_{3He} \rangle. \quad (2)$$



Здесь  $\vec{R}_{3He}$  – координата центра масс ядра  ${}^3\text{He}$ ,  $\vec{\rho}$  – прицельный параметр, перпендикулярной к импульсу налетающей частицы,  $\vec{q} = \vec{k} - \vec{k}'$  переданный в реакции импульс, в случае упругого рассеяния  $q = 2k \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ , где  $\theta$  – угол рассеяния,  $\vec{k}$  и  $\vec{k}'$  – импульсы налетающей и вылетевшей частицы в с.ц.м. ( $p$ - ${}^3\text{He}$ ),  $\Phi_{3He}$  – волновая функция ядра  ${}^3\text{He}$ .

Глауберовский оператор многократного рассеяния  $\Omega$  в (2), с учетом трехнуклонной структуры ядра  ${}^3\text{He}$ , имеет вид

$$\Omega_{\tau} = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - \omega_1\omega_2 - \omega_1\omega_3 - \omega_2\omega_3 + \omega_1\omega_2\omega_3, \quad (3)$$

где  $\omega_j$  – функция «профиля» для  $j$ -го нуклона, которая определяется следующим образом:

$$\omega_j(\vec{\rho} - \vec{\rho}_j) = \frac{1}{2\pi i k} \int d^2\vec{q} \exp[-i\vec{q}(\vec{\rho} - \vec{\rho}_j)] f_{pj}(q). \quad (4)$$

Здесь  $\vec{\rho}_j$  – двумерные (в плоскости перпендикулярной к импульсу налетающей частицы) координаты нуклонов ядра мишени. Элементарная амплитуда протон-нуклонного взаимодействия  $f_{pj}(q)$  параметризуется гауссоидой в следующем стандартном виде [5]:

$$f_{pN}(q) = \frac{k\sigma_{pN}}{4\pi} (i + \gamma_{pN}) \exp\left(-\frac{\delta_{pN}}{2} q^2\right), \quad (5)$$

где  $\sigma_{pN}$  – полное сечение рассеяния протона с нуклонами,  $\delta_{pN}$  – параметр наклона конуса рассеяния,  $\gamma_{pN}$  – отношение действительной к мнимой части амплитуд элементарного  $pN$  – рассеяния. Значения  $\sigma_{pN}$  и  $\gamma_{pN}$  фиксированы, а  $\delta_{pN}$  обычно подбирают из наилучшего описания независимых экспериментальных данных по свободному  $pN$ -рассеянию.

Мы в своих расчетах основное состояние ядра  ${}^3\text{He}$  описываем следующей волновой функцией, взятой из работ [14,16]

$$\Phi_{3He}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) = \frac{3^{3/4}\alpha^3}{\pi^{3/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\alpha^2(\vec{r}_1^2 + \vec{r}_2^2 + \vec{r}_3^2)\right].$$

Здесь параметр  $\alpha$  определен из условия  $\langle r^2 \rangle = \frac{1}{3\alpha^2}$ , где  $\langle r^2 \rangle$  среднеквадратичный радиус ядра. Найденное значение  $\alpha = 0.343 \text{ фм}^{-1}$ . Данная функция в соответствии с рисунком 1, в относительных координатах Якоби  $(\vec{a}, \vec{b})$  имеет вид:

$$\Phi_{3He}(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{3^{3/4}\alpha^3}{\pi^{3/2}} \exp\left[-\alpha^2\left(\frac{3}{4}a^2 + b^2\right)\right] \quad (6)$$

Она нормирована условием  $\int_{-\infty}^{\infty} |\Phi_{3He}(\vec{a}, \vec{b})|^2 d\vec{a} d\vec{b} = 1$

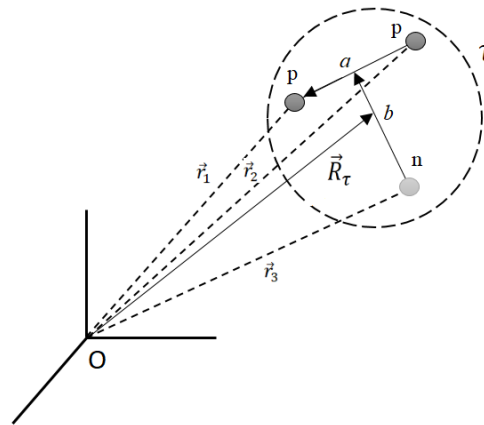


Рис. 1. Одночастичные и Якоби координаты ядра  ${}^3\text{He}$

Тогда матричный элемент (2) после интегрирования по  $d\vec{R}_{3\text{He}}$  с учетом  $\delta(\vec{R}_{3\text{He}})$  имеет следующий вид

$$M_{if}(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int |\Phi_{3\text{He}}(\vec{a}, \vec{b})|^2 \Omega_\tau \cdot \exp(i\vec{q}\vec{\rho}) d\vec{\rho} d\vec{a} d\vec{b} = \int |\Phi_{3\text{He}}(\vec{a}, \vec{b})|^2 F(\vec{q}) d\vec{a} d\vec{b} \quad (7)$$

где

$$F(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int \Omega_\tau \cdot \exp(i\vec{q}\vec{\rho}) d\vec{\rho} \quad (8)$$

При заданном виде оператора многократного рассеяния (3) и профильной функции (4), в выражении (8) интеграл по  $d\vec{\rho}$  берется аналитически.

Для однократного рассеяния имеем

$$F_j(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int e^{i\vec{q}\vec{\rho}} \frac{1}{2\pi i k_j} \int e^{-i\vec{q}_j(\vec{\rho} - \vec{\rho}_j)} f_j(\vec{q}_j) d\vec{q}_j d\vec{\rho} \quad (9)$$

В этом выражении интеграл не только по  $d\vec{\rho}$ , но и по  $d\vec{q}_j$  берется аналитически и в результате для  $F_j(q)$  имеем

$$F_j(\vec{q}) = \frac{k}{k_j} f_j(\vec{q}) e^{i\vec{q}\vec{\rho}_j} \quad (10)$$

Здесь  $\vec{\rho}_j = \alpha_j \vec{a} + \beta_j \vec{b}$ , где в соответствии с рис.1 имеем  $\alpha_1 = 1/2$ ,  $\alpha_2 = -1/2$ ,  $\alpha_3 = 0$ ,  $\beta_1 = 1/3$ ,  $\beta_2 = 1/3$ ,  $\beta_3 = -2/3$ .

Для двукратного рассеяния после интегрирования по  $d\vec{\rho}$  и по одному из переданных импульсов  $d\vec{q}_i$  имеем

$$F_{ij}(\vec{q}) = \frac{k}{2\pi i k_i k_j} \int e^{i\vec{q}\vec{\rho}_i} e^{i\vec{q}_j(\vec{\rho}_j - \vec{\rho}_i)} f_i(\vec{q} - \vec{q}_i) f_j(\vec{q}_j) d\vec{q}_j \quad (11)$$

Для параметризации элементарной амплитуды в виде (5) и этот интеграл по  $d\vec{q}_j$  берется аналитически. Его значение мы здесь не приводим из-за громоздкости. Аналогично для трехкратного рассеяния имеем

$$F_{ij\nu}(\vec{q}) = -\frac{k}{4\pi^2 k_i k_j k_\nu} \int \int e^{i\vec{q}\vec{\rho}_\nu} e^{i\vec{q}_i(\vec{\rho}_i - \vec{\rho}_\nu)} e^{i\vec{q}_j(\vec{\rho}_j - \vec{\rho}_\nu)} f_\nu(\vec{q} - \vec{q}_i - \vec{q}_j) f_i(\vec{q}_i) f_j(\vec{q}_j) d\vec{q}_i d\vec{q}_j \quad (12)$$

Этот интеграл с амплитудой (5) также берется аналитически, однако его с хорошей точностью можно вычислять приближенно, вынося эти амплитуды  $f(q)$  из-под знака интеграла при эффективном значении аргумента, которое в данном случае равно  $q/3$ . В этом приближении имеем

$$F_{ij\nu}(\vec{q}) = -\frac{4\pi^2 k}{k_i k_j k_\nu} f_i\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right) f_j\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right) f_\nu\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right) e^{i\vec{q}\vec{\rho}_\nu} \delta(\rho_\nu - \rho_i) \delta(\rho_\nu - \rho_j) \quad (13)$$

С найденными амплитудами (10)-(13) матричные элементы (7) для разных кратностей рассеяния вычисляется легко и имеют следующие структуры

$$\begin{aligned} M_{fi}^{(j)}(q) &= C_j e^{-\lambda_j q^2} \\ M_{fi}^{(ij)}(q) &= C_{ij} e^{-\lambda_{ij} q^2} \\ M_{fi}^{(ij\nu)}(q) &= C_{ij\nu} e^{-\lambda_{ij\nu} q^2} \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь коэффициенты  $C_j, C_{ij}, C_{ij\nu}, \lambda_j, \lambda_{ij}, \lambda_{ij\nu}$  определяются через параметры элементарной NN-амплитуды (5) и волновой функции (6). Мы этих коэффициентов здесь не приводим из-за их громоздкости. С найденными матричными элементами угловая зависимость дифференциального сечения вычисляются по формуле (1). Дифференциальное сечение в зависимости от квадрата переданного импульса определяется следующим образом

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\pi}{k^2} |M_{if}(q)|^2 \quad (15)$$

**2. Результаты и их обсуждения.** В этой работе нами рассчитаны дифференциальное сечение упругого рассеяния протонов на ядре  ${}^3\text{He}$  в зависимости от квадрата переданного импульса при двух энергиях налетающего протона, при 600 и 715 МэВ. Соответствующие этим расчетам экспериментальные данные взяты из работы [9,13]. На рисунках 1 и 2 приведены наши расчеты и их сравнения с экспериментальными данными.

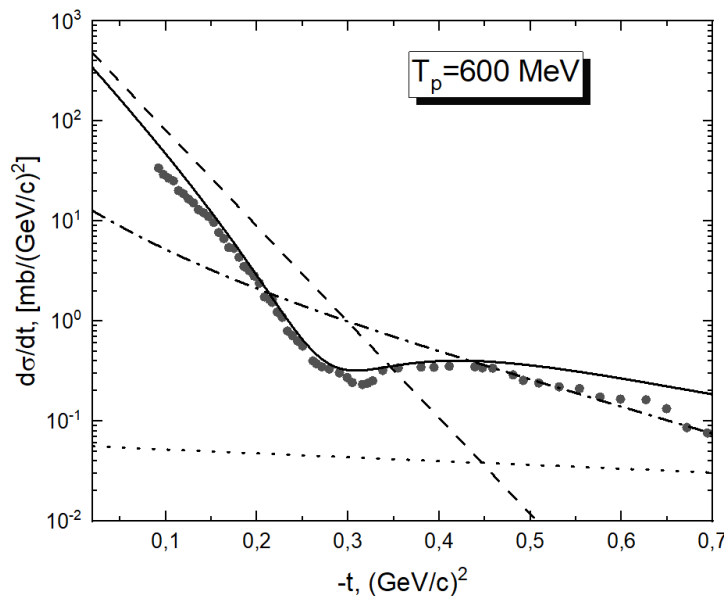


Рис. 2. Дифференциальное сечение упругого рассеяния протонов на ядре  ${}^3\text{He}$  при энергии протонов 600 МэВ. Пунктир – однократное рассеяние, точка-пунктир – двукратное рассеяние, мелкие точки – трехкратное рассеяние, сплошная линия – суммарное сечение. Экспериментальные точки из [9].

В своих расчетах мы определили вклады в сечение от однократного (пунктирная линия), двукратного (точка-пунктир) и трехкратного (мелкие точки) рассеяния и суммарный вклад всех кратностей (сплошная линия). Как видно из рисунков, при малых переданных импульсах, до  $-t < 0.2 \text{ (GeV/c)}^2$ , что соответствует углам рассеяния  $\theta < 30^\circ$  преобладает однократное рассеяние.

Вклад однократного и двукратного рассеяния становится сравнимым в районе  $t = 0.3 \text{ (GeV/c)}^2$ . При дальнейшем росте переданного импульса двукратное рассеяние преобладает над однократным рассеянием. Вклад трехкратного рассеяния в этом районе на полтора порядка меньше и становится ощутимым только при  $t = 0.6-0.7 \text{ (GeV/c)}^2$ . Теоретические расчеты хорошо воспроизводят абсолютную величину сечения и положение дифракционных минимумов во всем диапазоне переданных импульсов. Имеет место небольшое завышение экспериментальных данных при квадрате переданного импульса  $0.6-0.7 \text{ (GeV/c)}^2$ . Это может быть связано с выносом элементарной амплитуды NN-взаимодействия из-под знака интеграла в выражении (12). Это завышение не будет играть существенной роли при анализе рассеяния протонов на  ${}^7\text{Be}$ , так как само значение сечения очень маленькая по сравнению с сечением при малых углах рассеяния. Наши расчеты были проведены при следующих значениях параметров элементарных NN-амплитуд

Таблица 1 - Параметры элементарных NN амплитуд

$T_p, \text{ МэВ}$	$\sigma_{pp}, \text{ фМ}^2$	$\gamma_{pp}$	$\delta_{pp}, \text{ фМ}^2$	$\sigma_{pn}, \text{ фМ}^2$	$\gamma_{pn}$	$\delta_{pn}, \text{ фМ}^2$
600	3.7	-0.48	2.5	3.6	-0.36	2.95
715	4.43	-0.30	3.082	3.77	-0.38	3.082

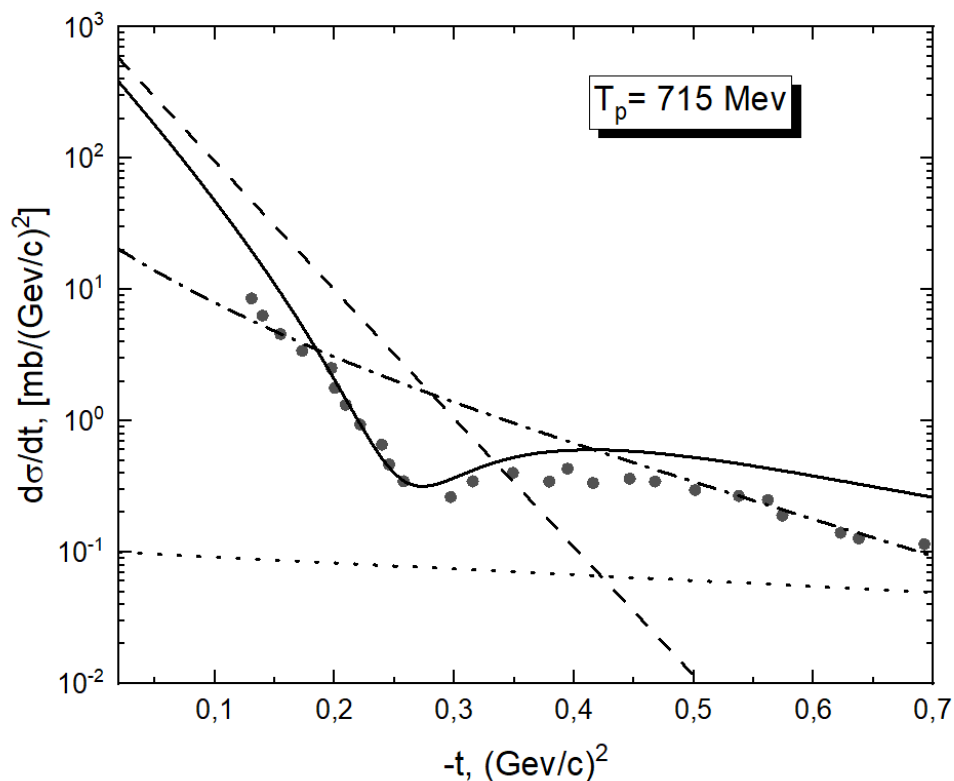


Рис. 3. То же самое, что на рис.1 при энергии 715 МэВ. Экспериментальные точки из [13]

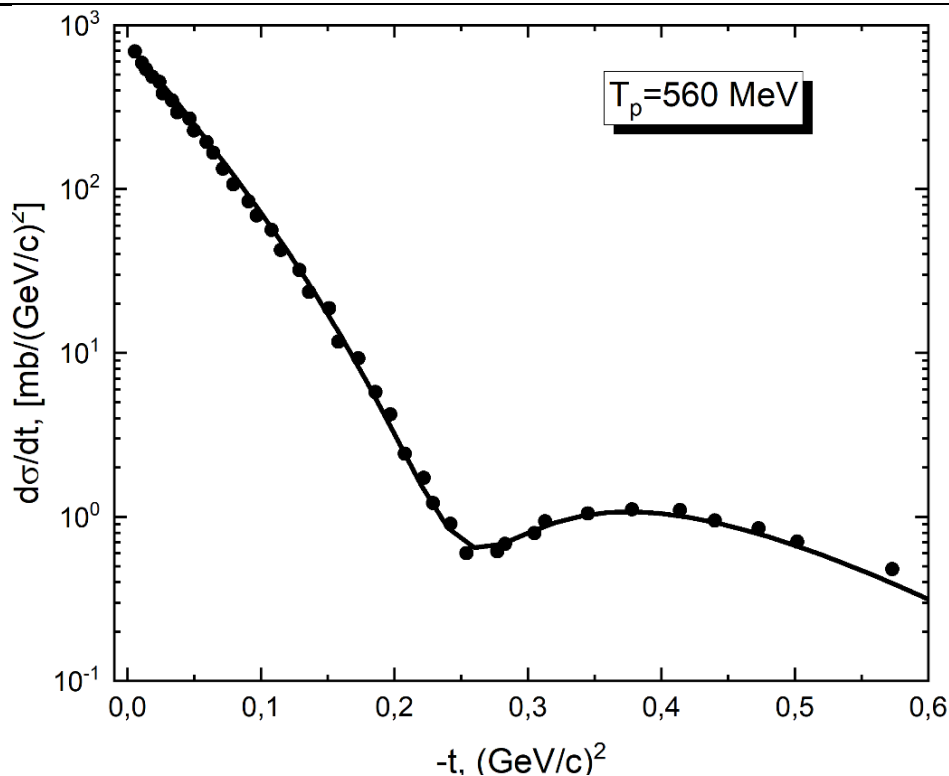


Рис. 4. Дифференциальное сечение упругого рассеяния протонов на ядре  ${}^4\text{He}$  при энергии протонов 560 МэВ

**Заключение.** В данной работе на основе дифракционной теории Глаубера многократного рассеяния исследовано упругое рассеяние протонов промежуточных энергии на ядре  ${}^3\text{He}$ . Основное состояние ядра  ${}^3\text{He}$  описано волновой функцией гауссоидного типа, которая хорошо воспроизводит среднеквадратичный радиус ядра. Рассчитанное сечение сравнивается с экспериментальными данными при двух энергиях: 600 и 715 МэВ, и хорошо воспроизводит их. Оценен вклад рассеяния различных кратностей в сечение в зависимости от квадрата переданных импульсов. Апробированная при указанных энергиях схема расчета является всеобщим и может быть использованы для анализа данных и при других промежуточных энергиях. Найденные из наилучшего описания экспериментальных данных параметры элементарных нуклон-нуклонных амплитуд хорошо согласуются с данными других авторов. Результаты данной работы являются важными, так как они могут быть использованы при анализе более сложных процессов, в частности при анализе рассеяния протонов на ядре  ${}^7\text{Be}$ , где  ${}^3\text{He}$  входит в структуру  ${}^7\text{Be}$  как подсистема.

Данная работа выполнена при поддержке гранта AP08855589 «Исследование взаимодействия адронов с легкими экзотическими ядрами в рамках теории Глаубера» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

### Список литературы

1. Neumaier S.R. Small-angle proton elastic scattering from the neutron-rich isotopes  ${}^6\text{He}$  and  ${}^8\text{He}$ , and from  ${}^4\text{He}$ , at 0.7 GeV in inverse kinematics / G.D. Alkhazov, M.N. Andronenko et al. // Nucl. Phys. A. – 2002. – Vol.712. – P. 247–268 DOI: 10.1016/S0375-9474(02)01274-5
2. Dobrovolsky A.V. Study of the nuclear matter distribution in neutron-rich Li isotopes / G.D. Alkhazov, M.N. Andronenko et al. // Nucl. Phys. A. – 2006. – Vol.766. – P. 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2005.11.016>
3. Iieva S. Nuclear-matter density distribution in the neutron-rich nuclei  ${}^{12,14}\text{Be}$  from proton elastic scattering in inverse kinematics / F. Aksouh, G.D. Alkhazov et al. // Nucl. Phys. A. – 2012. – Vol. 875. – P. 8–28. DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2019.05.012

4. Dobrovolsky A.V. Nuclear-matter distribution in the proton-rich nuclei  ${}^7\text{Be}$  and  ${}^8\text{B}$  from intermediate energy proton elastic scattering in inverse kinematics / . G.A. Korolev, A.G. Inglessi et al. // Nucl. Phys. A. – 2019. – Vol. 989. – P. 40-58. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2019.05.012>
5. Glauber R. J. in Lecture in Theoretical Physics /ed. by W.E. Brittin, L.G. Dunham // Interscien. New York. – 1959. – Vol. 1. – P. 315.
6. Hatakeyama S. Complete Glauber calculations for proton-nucleus inelastic cross sections./ W. Horiuchi // Nucl.Phys.A. – May.2019. – Vol. 985. – P. 20-37. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2019.02.004>
7. Abdramanova G.B. Mathematical formalism for calculations of the elastic p7Be scattering cross section in the framework of Glauber theory / O. Imambek, F.B. Belisarova // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan physico-mathematical series. – 2021. – 5 Vol. 339. – P. 111–118. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.90> (in Russ.)
8. Dubovichenko S.B. Thermonuclear processes of the Universe. Almaty, Fessenkov V.G. Astrophysical Institute “NCSRT” NSA RK. – 2011. – P. 402.- ISBN 978-601-278-331-5 (in Russ.)
9. Fain J. Experimental results on elastic scattering of protons on the light nuclei 2H, 3H, 3He and 4He at 600 MeV / J. Garde, A. Lefort, L. Meritet, J.F. Pauty, G. Peynet, M. Querrou, F. Vazeille. // Nuclear Physics A. – Vol. 262. – 1976. – P.413-432. – URL:
10. Frascaria R. Intermediate energy proton elastic scattering on 3He and 3H and its connection with the n-n spin-isospin dependent amplitudes / D. Legend\*, V. Comparat, M. Morlet, N. Marty, A. Willis // Nuclear Physics A. – 1976. – Vol. 264. - P. 445 – 454. DOI:10.1016/0375-9474(76)90415-2
11. Alkhazov G.D. p-3He elastic scattering at 1 GeV. / S.L. Belostotsky, E.A. Damaskinsky, Yu.V. Dotsenko, et al. // Physics Letters B. – 1979. – Vol. 85. – P. 1. DOI: 10.1016/0370-2693(79)90773-1
12. Landau R.H. Antisymmetry and spin effects in p-3He scattering / M.J. Paez // Physics Letters B. – 1984. - Vol. 142. – P. 4. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(84\)91189-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(84)91189-4)
13. Hasell D. K. Elastic scattering of polarized protons from 3He at intermediate energies / A. Bracco, H. P. Gubler, W. P. Lee, W. T. H. van Oers // Physical Review C. – 1986. – Vol. 34. – P. 1. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.34.236>
14. Hassan M. A. Effects of short-range correlations and three-body force on proton-3He scattering at high energy / S. S.A. Hassan // Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics. – 1991. – Vol. 17. – P. 1177-1187. <https://doi.org/10.1088/0954-3899/17/8/007>
15. Hausser O. Elastic scattering of polarized protons from polarized 3He / B. Larson, W.P. Alford, C. Chan, P.P.J. Delheij, R.S. Henderson // Physics Letters B. – 1995. – Vol. 343. – P. 36-40. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(94\)01434-E](https://doi.org/10.1016/0370-2693(94)01434-E)
16. Hassan\* M. A. Proton-three-nucleon nuclei elastic scattering: three-body force effect / T. N. E. Salama, H. E. A. Awd-Allah // Indian Journal of Physics. – 2015. – Vol. 89(12). – P. 1287–1295. DOI: 10.1007/s12648-015-0711-y
17. Hassan\* M. A. p3He elastic scattering at 0.6–1 GeV: some short-range effects / T. N. E. Salama // Indian Journal of Physics. – 2015. – Vol. 89. – P. 829-834. DOI: 10.1007/s12648-015-0647-2
18. Hassan\* M. A. Time-ordering effect in proton–nucleus elastic scattering / T. N. E Salama, Z. S.Hassan, A. M. Ismael // Indian Journal of Physics. – 2019. – Vol. 93. – P. 1069–1080. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12648-018-01368-5>

**С.С. Акназарова**

Ош мамлекеттик университети, Ош, Кыргыз Республикасы  
Ошский государственный университет, Ош, Кыргызская Республика

**S. S .Aknazarova**

Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic  
E- mail: saknazarova@list.ru

## **LES МОДЕЛИН КОЛДОНУУ МЕНЕН ТУРБУЛЕНТТҮҮ ИЧКИ АГЫМДЫ МОДЕЛДЕШТИРҮҮ**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ВНУТРЕННЕГО ТЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА LES**

#### **SIMULATION OF TURBULENT INTERNAL FLOW USING THE LES METHOD**

*Суюктуктун жана газдын турбуленттүү агымдарын моделдештирүү гидродинамика тармагында актуалдуу маселелеринин бири болуп саналат. Ошондуктан бул макалада LES моделин колдонуу менен турбуленттүү ички агымды моделдештирүү маселесин кароо менен стационардык эмес турбуленттүү татаал агымдын толкундоолорун моделдөө натыйжасы алынган.*

**Түйүндүү сөздөр:** турбуленттүү агым, LES модели, pisoFoam, суюктук.

*Моделирование турбулентных течений жидкости и газа является одной из наиболее актуальных задач в области гидродинамики. Поэтому в данной статье при рассмотрении задачи моделирования турбулентного внутреннего течения с помощью модели LES получен результат моделирования возмущений нестационарного турбулентного сложного течения.*

**Ключевые слова:** турбулентное течение, модел LES, pisoFoam, жидкость.

*Modeling of turbulent flows of liquid and gas is one of the most urgent problems in the field of hydrodynamics. Therefore, in this article, when considering the problem of modeling a turbulent internal flow using the LES model, the result of modeling perturbations of an unsteady turbulent complex flow is obtained.*

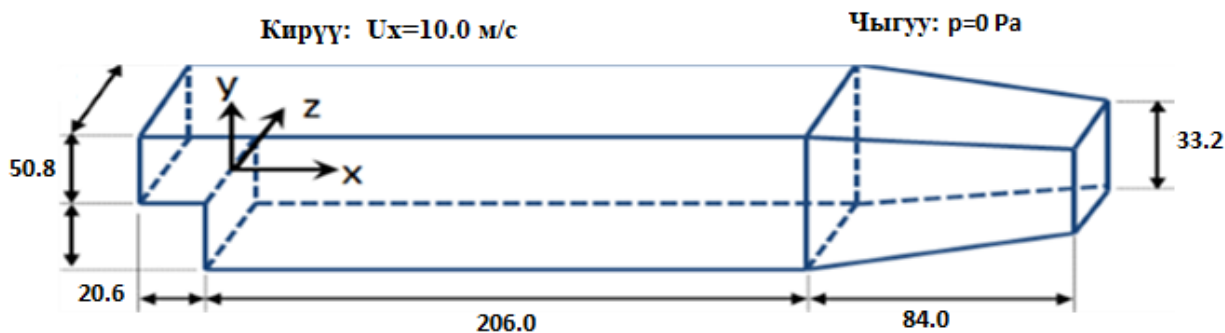
**Key words:** Turbulent flow, LES model, pisoFoam, liquid.

**Киришүү.** Суюктуктардын динамикасы тармагында суюктуктун жана газдын турбуленттүү агымын моделдөө эң актуалдуу маселе болуп саналат. Бул иште турбуленттүү агымдарды чоң куюндар (LES) ыкмасы менен моделдөөнүн сандык натыйжалары каралган. Моделдештирүү натыйжалары татаал агымдардын стационардык эмес анализин камтыйт. Азыркы мезгилде шаар куруунун интенсивдүү өнүгүп жаткандыгы, айланып агып өтүүчү нерселердин режимдүү параметрлери менен конфигурацияларынын түрдүү маанисинде рециркуляциялык агымдарды изилдөөгө көңүл бурдурууда. Бул макалада үч өлчөмдүү каналда суюктуктун ички турбуленттик агымдарын LES моделинин негизинде сандык моделдештирүү каралган. Бул иштин негизги максаты Open FOAM ачык пакетинде LES (Чоң куюндар ыкмасы) методун колдонуп, каналдын ичиндеги турбуленттүү ички агымды моделдештирүү жана LES ыкмасынын Smagorinsky жана kEqn моделдерин салыштыруу болуп эсептелет [4,5].

**Маселенин коюлушу.** Суюктуктун турбуленттүү ички агымы тик бурчтуу туура кесилиш аянтына ээ болгон каналдын сол тарабынан агып кирип, оң жактагы чыгуудан жеңил кысылган абалда агып чыгат. Каралып жаткан маселенин геометриясы 1-сүрөттө



көрсөтүлгөн. Кысылбоочу суюктуктун ички турбуленттүү агымы узундугу 20.6 мм, 206 мм, 84.0 мм болгон каналдын тик бурчтуу кирүүчү бөлүгүнө сол жактан келип түшөт. Кирүүчү бөлүгүнүн бийиктиги 50.8 мм, ал эми каналдын чыгуучу бөлүгүнүн бийиктиги 33.2 мм.



1-сүрөт. Каралып жаткан маселенин геометриясы

**Математикалык модел.** Рейнольдстун орточо үзгүлтүксүздүк теңдемелери (массанын сакталуу закону) жана кыймылдын саны (импульстун сакталуу закону) Навье-Стокстун теңдемелер системасында берилген: [1]

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{u}_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \overline{\rho u'_i u'_j}) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j}; \bar{\tau}_{ij} = \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right); i, j = 1, 2, 3; \quad (2)$$

**Смагоринский модели.** Торчонун масштабдуу модели үчүн жөнөкөй модель Смагоринский модели болуп саналат, аны төмөнкүчө чагылдырууга болот: [10, с. 74]

$$\tau_{ij} - \frac{1}{3} \tau_{kk} \delta_{ij} = -2(C_s \Delta)^2 |\bar{S}| S_{ij} \quad (3)$$

Смагоринский моделинде турбуленттүү илешкектүүлүк формула боюнча моделделет

$$\mu_{sgs} = \rho (C_s \Delta)^2 |\bar{S}| \quad (4)$$

$$\Delta = (\text{Volume})^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

$$\bar{S} = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}} \quad (6)$$

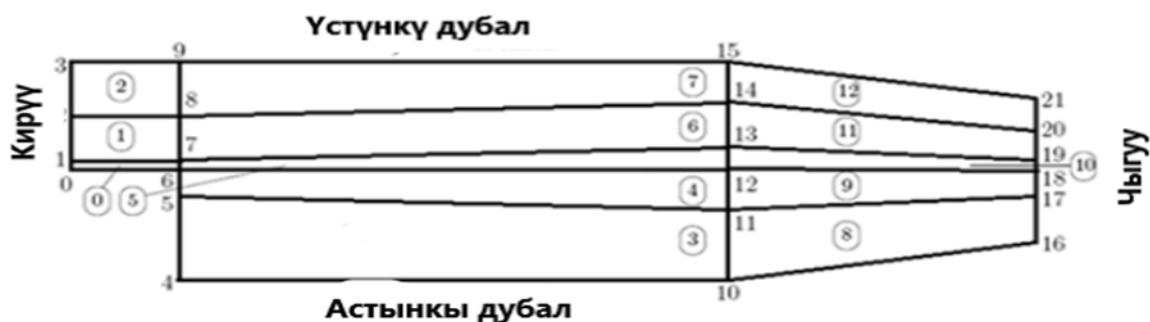
Натыйжалуу илешкектүүлүк төмөнкүдөн эсептелет:

$$\mu_{eff} = \mu_{mol} + \mu_{sgs} \quad (7)$$

Смагоринский константасы төмөнкү мааниге ээ:

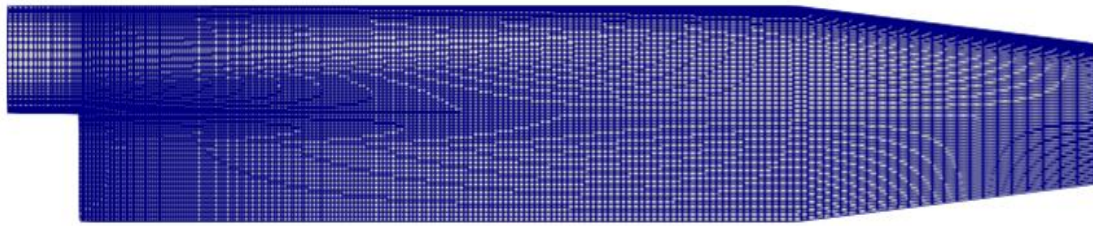
$$C_s = 0.1 - 0.2 \quad (8)$$

**Сандык модел.** Эсептөө областын дискретизациялоо үчүн OpenFOAM пакетинин blockMesh утилитасын колдонуу менен эсептөө сеткасы алынган.



2-сүрөт. Контролдук көлөмдөрдү түзүү





3-сүрөт. Эсептөө сеткасы

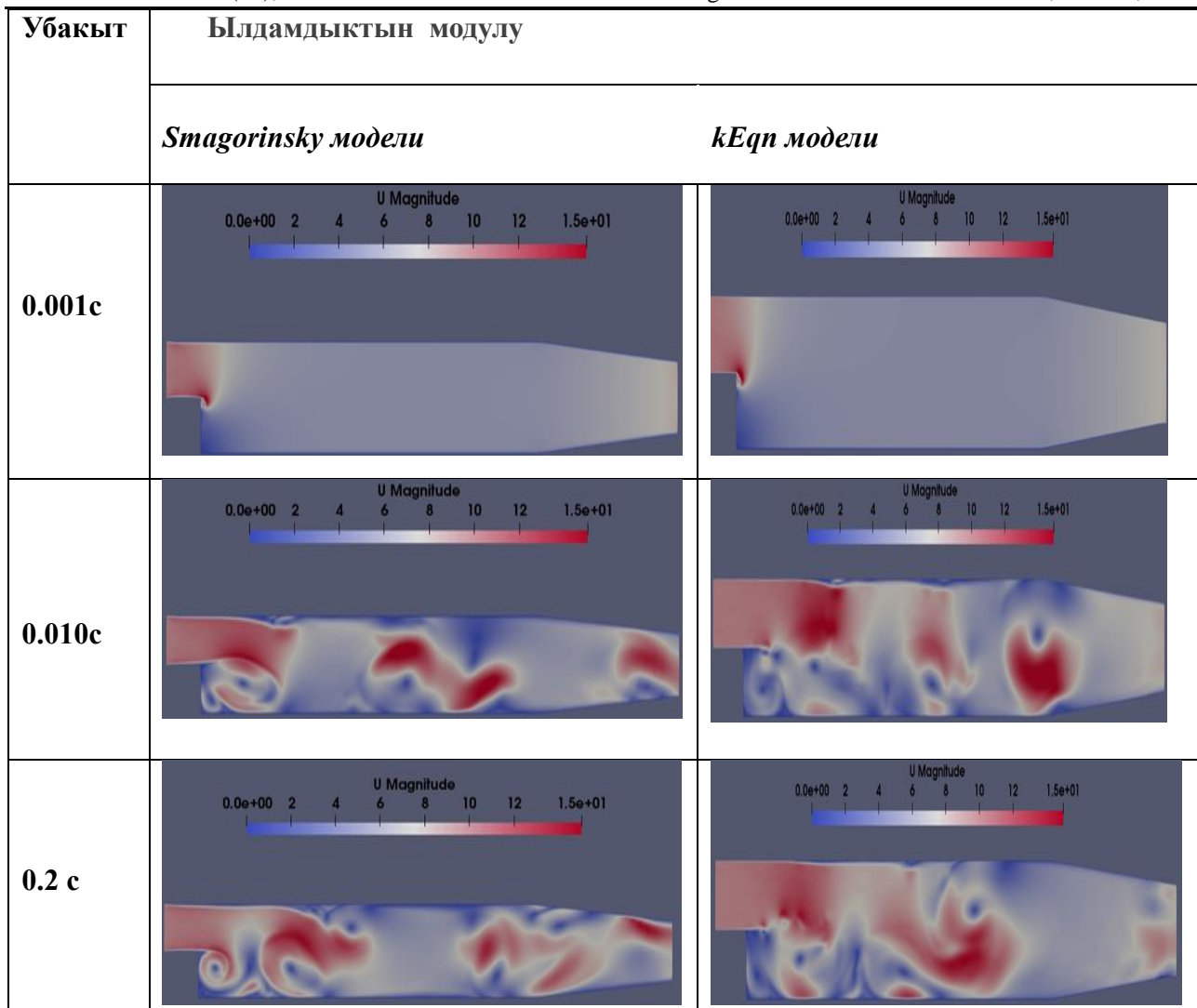
**Баштапкы жана чектик (чек аралык) берилгендери.**

Маселеде төмөнкү 1-таблицада чек аралык шарттар берилген:

1-таблица. Чек ара шарттары

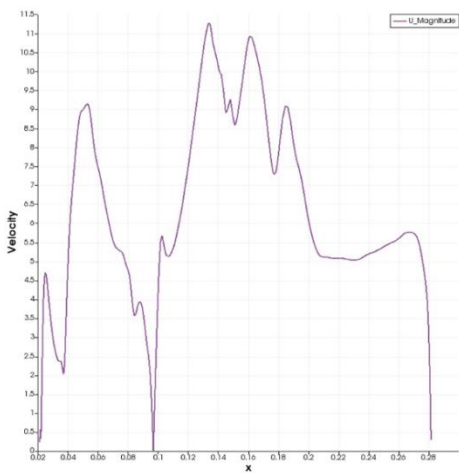
Өзгөрмөлөр	Чек ара шарттары				
	Кируу (inlet)	Чыгуу (outlet)	Үстүнкү дубал (upperWall)	Төмөнкү дубал (lowerWall)	Алдыңкы жана арткы (frontAndBack)
Ылдамдык, U	value uniform (10 0 0);	value uniform (0 0 0);	noSlip	noSlip	empty
Басым, P	zeroGradient	uniform 0	zeroGradient	zeroGradient	empty
Кинетикалык энергия (k)	uniform (2e-05);	value uniform (0 0 0);	value uniform 0 ;	value uniform 0 ;	empty
Турбуленттүү илешимдүүлүк nu	zeroGradient	zeroGradient	zeroGradient	zeroGradient	empty
Аянт, S	uniform 1;	uniform 0;	zeroGradient;	zeroGradient	empty
Турбуленттүү илешимдүүлүк nuTilda;	uniform 0;	uniform 0;	zeroGradient;	zeroGradient	empty

**Жыйынтык жана талкуу.** Төмөндөгү сүрөттөрдө, ылдамдык векторунун модулу түрдүү убакыттар үчүн  $kE_{qn}$  жана Smagorinsky моделдеринде алынган жыйынтыктары көрсөтүлгөн.

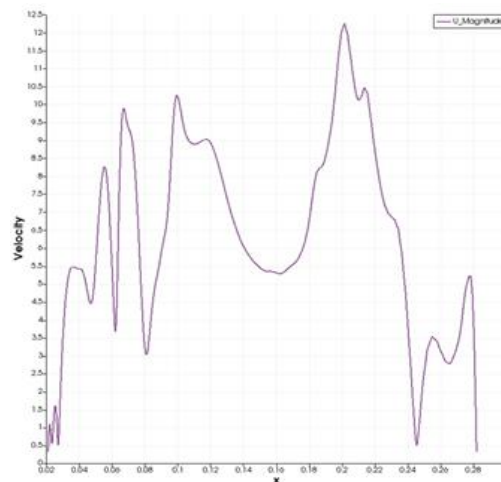


4-сүрөт. Ылдамдык векторунун модулу

Ал эми төмөнкү сүрөттөрдө ылдамдыктын графигин салыштыруу көрсөтүлүп турат. 5-6- сүрөттө Smagorinsky жана kE<sub>qп</sub> моделдеринин негизинде алынган жыйынтыктар турбуленттик ички агымдардын 0,010 с убактысында алынган ылдамдык профилдери үчүн бирдей натыйжаларды бергени менен, kE<sub>qп</sub> модели ылдамдыктын эң жогорку көрсөткүчүн көрсөтүп турат.



5-сүрөт. Smagorinsky моделинин



6-сүрөт. kE<sub>qп</sub> моделинин 0,010 с

0,010 с алынган графиги

алынган графиги

**Жыйынтык.** OpenFOAM ачык пакетинде LES (Чоң куюндар ыкмасы) моделин колдонуп, турбуленттүү ички агымды моделдештирүү иштери жүргүзүлдү. Эсептөөлөрдүн натыйжасында Smagorinsky жана kE<sub>qn</sub> моделдерин салыштырууда турбуленттүү ички агымдары убакыттын өтүшү менен kE<sub>qn</sub> моделинде ылдамдыктын эң жогорку көрсөткүчү байкалды. Чоң куюндуу моделдөө ыкмасынын ар кандай моделин колдонуу менен жүргүзүлгөн сандык эсептөөлөрдүн натыйжалары боюнча kE<sub>qn</sub> модели турбуленттүү ички агымдарды моделдөө үчүн алгылыктуу натыйжаларды берди деп айтууга болот.

### Адабияттар тизмеси

1. J. H. Ferziger and M. Peric. 2002. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer 3rd Edition, p. 423.
2. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: 7 издание / Л. Г. Лойцянский. - Москва: 2003.
3. Kim J., Moin P., Moser R. Turbulence statistics in fully developed channel flow at low Reynolds number. //Journal of Fluid Mechanics. -1987. -Vol.177. - P.133-166.
4. Kobayashi T. Large Eddy simulation for engineering applications. Fluid Dynamics Research 38 (2006) 84-107.
5. Pitz R.W., Daily J.W. Experimental Study of Combustion in a Turbulent Free Shear Layer Formed at a Rearward-Facing Step. January 12-15, 1981, AIAA Paper 81-0106
6. Pitz R.W., Daily J.W. Combustion in a turbulent mixing layer formed at a rearward-facing step. AIAA Journal November, 1983 21:11, pp. 1565–1570. Published Online: 17 May 2012. <https://doi.org/10.2514/3.8290> (accessed 11.09.2021).
7. OpenFOAM user guide. Version 7. <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/>.
8. Versteeg H. K., Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics // Edinburg: Pearson Education Limited, 2007.517p.
9. Патанкар, С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с. англ. / С.В.Патанкар. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
10. Haddadi B., Jordan Ch., Michael Harasek Ch. OpenFOAM Basic Training 2018.-74с

**О.Л. Киреев, В. Холодов**

Д.Ф. Устинов атындагы «ВОЕНМЕХ» Балтика мамлекеттик техникалык университети,  
Санкт-Петербург, Россия Федерациясы  
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

**O.L. Kireev, V. Kholodov**

Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov,  
St. Petersburg, Russian Federation  
kireev\_ol@voenmeh.ru, 07vital07@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКРУГЛОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ  
ИЗДЕЛИЯ ПРИ ЕГО КОНТРОЛЕ НА ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛКАХ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПО РАЗВИТИЮ И  
ПОДДЕРЖАНИЮ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**ТОО ЭКОСИСТЕМАЛАРЫН ӨНҮКТҮРҮҮ ЖАНА КОЛДОО КӨРСӨТҮҮҮҮҮЧҮН  
ИННОВАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДА КОЛДОНУЛГАН, АЙЛАНУУЧУ  
ТҮРМӨКТӨРДӨ КӨЗӨМӨЛГӨ АЛЫНГАН ПРОДУКЦИЯНЫН  
ТЕГЕРЕКСИЗДИГИН ЖАНА АНЫН ГЕОМЕТРИЯЛЫК ӨЛЧӨМДӨРҮНҮН  
ТААСИРЛЕРИН ИЗИЛДӨӨ**

**RESEARCH OF THE EFFECT OF NON-ROUNDNESS AND GEOMETRIC DIMENSIONS  
OF THE PRODUCT DURING ITS CONTROL ON ROTATING ROLLS USED IN  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT AND MAINTENANCE OF  
MINING ECOSYSTEMS**

*Макалада айлануучу түрмөктөгү көзөмөлдөлгөн тегерексиз жана геометриялык өлчөмдөгү буюмдардын тийгизилген таасири изилденет. Түрмөктөгү туруктуу айлануу шартынын негизинде, көзөмөлгө алынган буюмдун геометриялык өлчөмдөрүнүн катышын аныктоо ыкмасы каралат.*

**Түйүндүү сөздөр:** көзөмөлдөө, тегерексиздик, туруктуу айлануу абалы.

*В статье исследовано влияния некруглости и геометрических размеров изделия при его контроле на вращающихся валках. Рассмотрен метод определения соотношения геометрических размеров контролируемого изделия из условия устойчивого вращения на валках*

**Ключевые слова:** контроль, некруглость, условие устойчивого вращения.

*The paper investigates the influence of non-roundness and geometric dimensions of the product during its inspection on rotating rolls. The method of determining the ratio of geometric dimensions of the controlled product from the condition of stable rotation on the rolls is considered.*

**Key words:** inspection, non-roundness, condition of stable rotation.

В книге [1,2] основательно рассмотрены методы, теоретические основы и устройства контроля качества изделий методом вращения на валках.

При данном методе контроля актуальными считаются изучение воздействия некруглости изделия на точность измерения радиального смещения центра масс (РСЦМ), а еще условие его устойчивого вращения на валках в зависимости от соотношения геометрических размеров.

Например, рассматривается разгон цилиндрического изделия некруглой формы. Полагается, собственно, что перемещение изделия всецело определяется движением его сечения в вертикальной плоскости  $Q_{xy}$  (рисунок 1). Станем считать данным уравнение направляющей, которая выходит в плоскости поперечного сечения цилиндрической поверхности изделия в системе координат  $A_3\eta$ , жестко скрепленной с телом. В качестве параметров, определяющих положение сечения изделия на плоскости  $Q_{xy}$ , примем координаты его геометрического центра (полюса А)  $x_A, y_A$  и угол поворота  $\gamma$  подвижной системы координат  $A\xi\eta$  относительно неподвижной  $Q_{xy}$ . Контур сечения изделия будем описывать уравнением эллипса с полуосями  $a = r + \delta, b = r$ , которое в подвижных осях имеет вид:

$$\xi^2 b^2 + \eta^2 a^2 = a^2 b^2 \quad (1)$$

Параметр  $\delta$  определяет «некруглость» сечения  $r \leq r_{изд} \leq \eta + \delta$ .

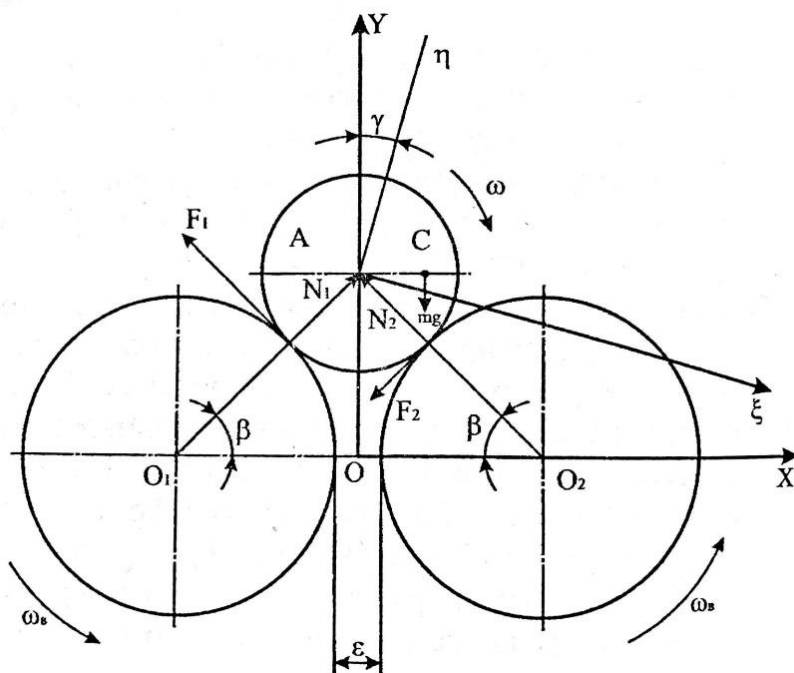


Рис. 1. Учет некруглости изделия. Расчетная схема.

С учетом формул преобразования координат:

$$\begin{aligned} \xi &= (x - x_a) \cos \gamma - (y - y_a) \sin \gamma; \\ \eta &= (y - y_a) \cos \gamma - (x - x_a) \sin \gamma. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнение контура сечения в неподвижных осях  $Q_{xy}$  принимает вид:

$$(X - x_a)^2 (b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma) + (x - x_a)(y - y_a)(a^2 - b^2) \sin^2 \gamma + (y - y_a)(a^2 \cos^2 \gamma + b^2 \sin^2 \gamma) = a^2 b^2 \quad (3)$$

Откуда, как частный случай при  $a=b=r$ , следует уравнение кругового сечения:

$$(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2 = r^2.$$

Для упрощения дальнейших записей приведено выражение (3) к виду общего уравнения кривой второго порядка:

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0, \quad (4)$$

где  $a_{11} = b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma$ .

$$a_{12} = \frac{1}{2}(a^2 - b^2) \sin 2\gamma;$$

$$a_{13} = -x_a a_{11} - y_a a_{12};$$

$$a_{22} = a^2 \cos^2 \gamma + b^2 \sin^2 \gamma;$$

$$a_{23} = -x_a a_{21} - y_a a_{11};$$

$$a_{33} = x_a^2 a_{11} + 2x_a y_a a_{12} + y_a^2 a_{22} - a^2 b^2.$$

При составлении динамических уравнений движения изделия на этапе его разгона необходимо знать координаты точек касания  $k_1(x_1, y_1), k_2(x_2, y_2)$  изделия валков при произвольном его положении. В условиях безотрывного от валков движения координаты точек  $k_1$  и  $k_2$  находятся из совместного решения уравнений контура сечения изделия и вала.

$$a_{11}x_k^2 + 2a_{12}x_ky_k + a_{22}y_k^2 + 2a_{13}x_k + 2a_{23}y_k + a_{33} = 0; \\ (x_k + \Delta_k)^2 + y_k^2 = R^2, \quad (5)$$

где индекс  $k = 1, 2$ ;  $\Delta_1 = \Delta = OO_1 = OO_2 = R + \frac{\varepsilon}{2}$ ;  $\Delta_2 = -\Delta_1$ .

Из второго уравнения системы (5) определяется:

$$y_k^2 = (R^2 - \Delta_k^2) - x_k^2 - 2\Delta_k x_k \quad (6)$$

Первое уравнение системы (5) принимает вид:

$$(a_{11}x_k^2 + a_{22}y_k^2 + 2a_{13}x_k + a_{33})^2 = (2a_{12}x_k + 2a_{23})^2 y_k^2 \quad (7)$$

Подставляя (6) в (7), получается следующее уравнение:

$$a_4^k x_k^4 + a_3^k x_k^3 + a_2^k x_k^2 + a_1^k x_k + a_0^k = 0 \quad (8)$$

где  $a_0^k = [a_{33} - a_{22}d^2]^2 + 4a_{23}^2 d^2$ ,

$$a_1^k = 4(a_{13} - a_{22}\Delta_k)(a_{33} - a_{22}d_2) + 8a_{12}a_{23}d^2 + 8a_{23}^2\Delta_k;$$

$$a_2^k = 4(a_{13} - a_{22}\Delta_k)^2 + 2(a_{11} - a_{22})(a_{33} - a_{22}d_k^2) + 4a_{12}^2 d^2 + 16a_{12}a_{23}\Delta_k + 4a_{23}^2;$$

$$a_3^k = 4(a_{13} - a_{22})(a_{13} - a_{22}\Delta_k) + 8a_{12}^2\Delta_k + 8a_{12}a_{23};$$

$$a_4^k = (a_{13} - a_{22})^2 + 4a_{12}^2;$$

$$d_2 = \Delta^2 - R^2.$$

Из решения уравнения (8) находится  $x_k^2$  и  $x_k$  ( $x_1 < 0, x_2 > 0$ ), а из уравнения (6) - значение  $y_k > 0$ .

Зная координаты точек  $K_1, K_2$ , можно вычислить значения углов  $\beta_1, \beta_2$ , определяющих направления сил трения  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  и нормальных реакций  $\vec{N}_1, \vec{N}_2$  и их проекции.

$$\begin{cases} \sin\beta_1 = \frac{y_1}{R} \\ \cos\beta_1 = \frac{\Delta - |x_1|}{R} \end{cases}, \quad \begin{cases} \sin\beta_2 = \frac{y_2}{R} \\ \cos\beta_2 = \frac{\Delta - |x_2|}{R} \end{cases} \quad (9)$$

Выбор уравнения контура сечения в виде (3) позволяет в явном виде выразить зависимость координат точек касания от угла  $\gamma$ . В общем случае при произвольном положении изделия  $\beta_1 \neq \beta_2$ .

Допускается, что центр масс изделия смещен в направлении оси на величину  $AC = e$ . Тогда дифференциальные уравнения движения изделия в системе неподвижных осей  $O_{xy}$  запишутся в виде:

$$m \ddot{x}_c = N_1 \cos\beta_1 - F_1 \sin\beta_1 - N_2 \cos\beta_2 - F_2 \sin\beta_2. \quad (10)$$

$$m \ddot{y}_c = N_1 \sin\beta_1 + F_1 \cos\beta_1 + N_2 \sin\beta_2 - F_2 \cos\beta_2 - mg; \quad (11)$$

$$J_{cz} \ddot{\gamma} = -(\xi_1 - e)[N_1 \sin(\beta_1 + \gamma) + F_1 \cos(\beta_1 + \gamma)] + \eta_1 [N_1 \cos(\beta_1 + \gamma) + F_1 \sin(\beta_1 + \gamma)] - (\xi_1 - e)[N_2 \sin(\beta_2 - \gamma) + F_2 \cos(\beta_2 - \gamma)] - \eta_2 [N_2 \cos(\beta_2 - \gamma) + F_2 \sin(\beta_2 - \gamma)], \quad (12)$$

где  $\xi_1, \xi_2, \eta_1$  - координаты точек  $K_1, K_2$  в подвижных осях со значениями  $x_k, y_k$  выражениями:

$$\left. \begin{aligned} \xi_k &= (x_k - x_A) \cos\gamma - (y_k - y_A) \sin\gamma \\ \eta_k &= (y_k - y_A) \cos\gamma + (x_k - x_A) \sin\gamma \end{aligned} \right\}, K = 1, 2. \quad (13)$$

Систему уравнений (10)-(12) дополняется уравнениями связей, накладываемых на положение центра масс изделия при его разгоне.

Полагая  $\xi_c = e, \eta_c = 0$ , получим:

$$e = (x_c - x_A) \cos\gamma - (y_c - y_A) \sin\gamma; \\ 0 = (y_c - y_A) \cos\gamma + (x_c - x_A) \sin\gamma. \quad (14)$$

Дважды дифференцируя выражения (14), будет иметь:

$$\ddot{x}_c = \ddot{x}_A - e\dot{\gamma}^2 \cos\gamma - e\ddot{\gamma} \sin\gamma; \\ \ddot{y}_c = \ddot{y}_A + e\dot{\gamma}^2 \sin\gamma - e\ddot{\gamma} \cos\gamma. \quad (15)$$

Выражая силы трения через нормальные реакции  $F_1 = fN_1, F_2 = fN_2$  и учитывая зависимости (13) и (14), уравнения движения (10) - (12) примут вид:

$$m(\ddot{x}_A - e\dot{\gamma}^2 \cos\gamma - e\dot{\gamma} \sin\gamma) = N_1(\cos\beta_1 - f\sin\beta_1) - N_2(\cos\beta_2 + f\sin\beta_2); \quad (16)$$

$$m(\ddot{y}_A - e\dot{\gamma}^2 \sin\gamma - e\dot{\gamma} \cos\gamma) = N_1(\sin\beta_1 + f\cos\beta_1) + N_2(\sin\beta_2 - f\cos\beta_2) - mg; \quad (17)$$

$$J_{cz}\ddot{\gamma} = -N_1[(x_1 - x_A)(\sin\beta_1 + f\cos\beta_1) - (y_1 - y_A)(\cos\beta_1 - f\sin\beta_1)] + N_1e[\sin(\beta_1 + \gamma) + f\cos(\beta_1 + \gamma)] - N_2[(x_1 - x_A)(\sin\beta_2 - f\cos\beta_2) + (y_1 - y_A)(\cos\beta_2 + f\sin\beta_2)] + N_2e[\sin(\beta_2 - \gamma) + f\cos(\beta_1 - \gamma)]. \quad (18)$$

Система уравнений (16) - (18) дополняется уравнениями движения полюса  $A$ , которые в параметрической форме можно представить в виде:

$$b^2(x_k - x_A)^2 + a^2(y_k - y_A)^2 = l, \quad k = 1, 2.$$

Значения координат  $x_k, x_A, y_k, y_A$  являются функциями угла  $\gamma$ . Уравнения (16) - (18) вместе с уравнениями для координат точек контакта изделия с валками  $k_1(x_1, y_1), k_2(x_2, y_2)$ , полюса  $A$  углов  $\beta_1, \beta_2$  представляют собой замкнутую математическую задачу для описания изделий с направляющей цилиндрической поверхности в виде эллипса.

Когда сечение изделия круглое, то положение его геометрического центра при безотрывном от валков движении не изменяется и  $\ddot{x}_A = 0, \ddot{y}_A = 0$ . Отсюда следует, что в случае некруглости сечения угловое ускорение изделия уменьшается, потому как часть энергии, сообщаемой изделию с некруглым сечением, будет перекачиваться в поступательные степени свободы ( $\ddot{x}_A \neq 0, \ddot{y}_A \neq 0$ ), в отличие от изделия с круглым сечением, при котором мощность приложенных к изделию сил идет на сообщение ему кинетической энергии вращения.

**Определение соотношения геометрических размеров контролируемого изделия из условия устойчивого вращения на валках.** Необходимость определения соотношения длины и диаметра контролируемых изделий, отличающихся геометрическими размерами, позволяет решить вопрос о возможности контроля изделий методом свободного вращения.

Данное соотношение может быть определено из условия, гарантирующего невозможности опрокидывания изделия в процессе контроля относительно точек контакта его с валками.

Это условие зависит не только от геометрических размеров изделия, но и угловой скорости его вращения и величины РСЦМ.

При выводе данного соотношения принимаются следующие допущения: изделие имеет цилиндрическую форму и скорость вращения изделия является максимальной.

Рассмотрим равновесие изделия относительно оси  $A_x$ , и составим уравнение моментов  $\sum M_{Ax_1} = 0$ ; найдем условия, при которых не будет опрокидывания.

$$G \cos\psi \left(\frac{l}{2} + e_z\right) > G \sin\psi (b + e_r) + \Phi \left(\frac{l}{2} + e_z\right), \quad (19)$$

где  $G$  - сила тяжести,  $\psi$  - угол поворота изделия относительно оси  $A_{x1}$ ,  $l$  - длина изделия,  $e_z$  - смещение центра масс на оси,  $b = r \sin 45^\circ$ ,  $r$  - радиус изделия,  $e_r$  - РСЦМ,  $\Phi = m e_z \omega^2$  - центробежная сила инерции.

Преобразовав неравенство (19), уравнение примет вид:

$$\frac{l}{2} (g \cos\psi - e_z \omega^2) > g \sin\psi (b + e_r) + e_r e_z \omega^2 \quad (20)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения.

При малых значениях угла поворота  $\psi$  можно считать, что  $\cos\psi \approx 1$  и  $\sin\psi = \psi$ , пренебрегая последним членом неравенства (20) в виду их малости, окончательно получается уравнение:

$$l > \frac{2g(b+e_r)\psi}{g - e_r \omega^2} \quad (21)$$

Из (21) видно, что  $\omega > \sqrt{\frac{g}{e_r}}$ .

Проведем численную оценку при значениях параметров:  $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ ;  $e_r \approx 10^{-5} \text{ м}$ ;  $r = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $g - e_r \omega^2 \approx 0,1 \text{ м/с}^2$ .

$\psi = 0,03$  - предельное значение поворота изделия, при котором будет происходить опрокидывание.

Длина детали при этом  $l = 18 \cdot 10^{-3}$  м.

Следовательно, условие, при котором можно контролировать изделия методом свободного вращения изделия на валках, может быть представлено следующим соотношением основных геометрических размеров:  $l \geq 2,25d$ , где  $d$  - диаметр изделия.

Поэтому выводом из проделанной работы можно сказать, что некруглость детали увеличивает скорость разгона изделия. С учетом этого точность расчетов и измерений продуктов РЦСМ может быть значительно повышена.

Соотношение геометрических размеров изделия определяется по устойчивому вращению на валках. Это позволяет определить пределы применимости способа вращения изделия на валках для изделий типа тел вращения.

### Список литературы

1. Муслимов, А.П. Теоретические основы, методы и устройства контроля качества изделий типа тел вращения / А.П.Муслимов, О.Л. Киреев. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2007. – 115 с.

2. Киреев, О.Л. Автоматизация методов контроля качества деталей машиностроения малого профиля / О.Л.Киреев. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2011. – 140 с.



**Б.А. Рычков<sup>1</sup> Н.М. Комарцов<sup>2</sup> И.В. Гончарова<sup>3</sup> М.А. Кулагина<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Б.Н. Ельцин атындагы КРСУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы  
<sup>1,2,3,4</sup> Кыргызско- Российский славянский университет им. Б.Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика

**B.A. Rychkov<sup>1</sup>, N.M. Komartsov<sup>2</sup>, I.V. Goncharova<sup>3</sup>, M.A. Kulagina<sup>4</sup>**  
<sup>1,2,3,4</sup> Kyrgyz-Russian Slavic University n. a. B. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e-mail: rychkovba@mail.ru komartsovm@mail.ru goncharovaiv@mail.ru  
kulagina\_m.a@mail.ru

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КРИТЕРИЙ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

### ТОО ТЕКТЕРИНИН БЫШЫКТЫГЫНЫН МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН КРИТЕРИЙИ

#### MODIFIED ROCK STRENGTH CRITERION

*Массивдердеги жана ар кандай конструкциялардын тегерегиндеги тоо тектери бирдей эмес үч октуу кысуу абалында экени белгилүү. Бул шарттарда алардын кесүү жолу менен бузулушу (белгилүү бир тегиздиктер жана багыттар боюнча) Мора теориясы менен көрсөтүлөт, анда кесүү тегиздигиндеги нормалдуу жана тангенс стресстеринин ортосундагы байланыш постулат кылынат. Бул көз карандылыкты конкреттештирүү негизги стресстердин ортосундагы байланыш болгон күч критерийинин тапшырмасы менен жетишишет. Мындай күч критерийинин түрү кеңири диапазондо өзгөрүп турат, анын колдонулушун, тигил же бул түрдө, тиешелүү лабораториялык сыноолордун жыйынтыгы боюнча аныктайт. Бул учурда көлөмдүү чыңалуудагы тоо тектеринин бекемдигинин паспорту болуп нормалдуу жана тангенс чыңалууларынын тегиздигинде курулган Мора чыңалууларынын эң чоң чектик чөйрөлөрүнө конверт эсептелет, ал ГОСТ 21153.8–88 менен регламенттелет. Конверттин ар кандай эмпирикалык сызыктары (түз сызыктуу, парабола, кээ бирлери, ошондой эле бул ГОСТ сунуш кылган М.М. Протодьяконов критерийинин негизинде алынган) чыңалуу абалынын түрлөрү үчүн да, ошондой эле породаардын типтери үчүн да чектелген колдонуу чөйрөсүнө ээ. Бул кемчилик Чөнтөк схемасы боюнча тектердин цилиндрдик үлгүлөрүнүн стандарттык сыноолорунда аларды аныктоо диапазонундагы негизги стресстердин ортосундагы байланышты белгилеген бул иште колдонулган өзгөртүлгөн күч критерийин колдонууда четтетилет. Баштапкы эксперименталдык маалыматтардын жана эсептик материалдык параметрлердин зарыл болгон санын камтыган каталог сунушталат. Мындай каталогдун негизинде бузулбаган абалда ар кандай тоо тектеринин конверттерин көрсөтүүгө болору көрсөтүлгөн.*

**Түйүндүү сөздөр:** тоо тек, жапырт кысуу, негизги стресс, күч критерийи, Мора чектүү чөйрөлөрүн айланып өтүү

*Известно, что горные породы в массивах и в окрестностях различных выработок находятся в состоянии неравномерного трехосного сжатия. В этих условиях их разрушение путем среза (по определенным плоскостям и направлениям) отображается теорией Мора, в которой постулируется зависимость между нормальным и касательным напряжениями в плоскости среза. Конкретизация этой зависимости достигается заданием критерия прочности, представляющего собой соотношение между главными напряжениями. Вид такого критерия прочности варьируется в широких пределах, определяя его применимость, в том или ином виде, по результатам соответствующих лабораторных испытаний. При этом паспортом прочности горных пород при объемном напряженном состоянии считается огибающая к наибольшим предельным кругам напряжений Мора, построенным в*

плоскости нормального и касательного напряжений, что регламентируется ГОСТ 21153.8–88. Различные эмпирические линии огибающей (прямолинейная, парабола, некоторые другие, а также получаемая на основе рекомендуемого данным ГОСТом критерия М.М. Протодьяконова) имеют ограниченную область применимости как для видов напряженного состояния, так и для типов пород. Этот недостаток устраняется при использовании используемого в данной работе модифицированного критерия прочности, устанавливающего связь между главными напряжениями в диапазоне их определения при стандартных испытаниях цилиндрических образцов пород по схеме Кармана. Предлагается каталог, содержащий необходимое количество исходных экспериментальных данных и расчетных материальных параметров. Показано, что на основе такого каталога можно отобразить огибающие разнообразных горных пород в ненарушенном состоянии.

**Ключевые слова:** Горная порода, объемное сжатие, главные напряжения, критерий прочности, огибающая предельных кругов Мора.

*It is known that rocks in mountain range and in various mining area are in a state of uneven triaxial compression. Under these conditions, their breaking by shearing (along certain planes and directions) is reflected by Mohr's theory, which postulates a relationship between normal and shear stresses in the shear plane. The concretization of this dependence is achieved by setting the strength criterion, which is the ratio between the principal stresses. The form of such strength criterion varies widely, determining its applicability, in one form or another, according to the results of appropriate laboratory tests. At the same time, the envelope to the highest limit Mohr stress circles, built in the plane of normal and shear stresses, which is regulated by ГОСТ 21153.8–88, is considered to be the passport of the strength of rocks in a volumetric stress state. Various empirical envelope lines (rectilinear, parabola, some others, as well as those obtained on the basis of the M.M. Protodyakonov criterion recommended by this ГОСТ) have a limited area of applicability for both stress state types and rock types. This drawback is eliminated by using the modified strength criterion used in this work, which establishes a relationship between the principal stresses in the range of their determination in standard tests of cylindrical rock samples according to the Karman scheme. A catalog containing the required amount of initial experimental data and calculated material parameters is proposed. It is shown that on the basis of such a catalog it is possible to reflect the envelopes of various rocks in an undisturbed state.*

**Key words:** Rock, volumetric compression, principal stresses, strength criterion, envelope of Mohr's limiting circles.

**Исходная концепция.** Согласно ГОСТ 21153.8–88 [1] паспортом прочности горных пород считается огибающая к наибольшим предельным кругам напряжений Мора, получаемых в эксперименте при нескольких видах трехосного сжатия цилиндрических образцов по схеме Кармана. Различные эмпирические линии огибающей (прямолинейная, парабола и т.д. [2] – [7]) имеют ограниченную область применимости как для видов напряженного состояния, так и для типов пород. Для построения более адекватного эксперименту паспорта прочности необходимо знать теоретическую зависимость между главными напряжениями. Такую зависимость, т.е. соответствующий критерий прочности (апробированный в диссертации К.Т. Койчуманова), предложил Т.Б. Дуйшеналиев [2]. В отличие от авторской формулировки, этот критерий, как показано в работе [8], можно представить в виде:

$$\sigma_3 = A + \sqrt{Q\sigma_1^2 + B^2} \quad (A, B, Q - \text{const}), \quad (1)$$

где главные напряжения сжатия ( $\sigma_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ ) считаются положительными и  $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ , вид напряженного состояния характеризуется параметром  $c = \sigma_3 / \sigma_1$ .

Исходное представление (в пространстве главных напряжений) зависимости  $\sigma_3 = \sigma_3(\sigma_1)$  (которое привело [2] к выражению, подобному (1)) фактически было дано в виде сопряженной гиперболы (согласно методу её построения) с параллельным сдвигом вдоль вертикальной оси относительно центра симметрии гиперболы. Это обстоятельство очень усложнило преобразования при получении формулы вида (1). В расчетах соотношение (1) авторами [2] использовано только для случая  $Q=1$ .

Между тем, искомый результат представления зависимости  $\sigma_3 = \sigma_3(\sigma_1)$  достигается элементарно непосредственно из канонического выражения сопряженной гиперболы (в декартовых осях координат  $x, y$ ) с указанным сдвигом  $(x_0, y_0)$  относительно центра симметрии [9]:

$$\frac{(x-x_0)^2}{b^2} - \frac{(y-y_0)^2}{a^2} = -1, \quad (a, b - const). \quad (2)$$

Из (2) выразим координату  $y$  с учетом того, что для наших целей она должна непрерывно возрастать:

$$y = y_0 + \sqrt{\frac{(x-x_0)^2}{b^2} a^2 + a^2}. \quad (3)$$

Формула (3) в случае, когда отношение полуосей гиперболы  $a/b=1$ , характеризует равнобочную гиперболу.

Переобозначим координаты  $x, y$ , полагая

$$x = \sigma_1, \quad y = \sigma_3, \quad (4)$$

а константы  $a, x_0, y_0$  и отношение  $(a/b)^2$  представим в виде:

$$a = B, \quad x_0 = 0, \quad y_0 = A, \quad (a/b)^2 = Q. \quad (5)$$

В результате таких переобозначений, искомая зависимость  $\sigma_3 = \sigma_3(\sigma_1)$  будет иметь вид формулы (1), которая в нашей редакции обобщает критерий прочности Дуйшеналиева-Койчуманова [2], поскольку установлено, что  $Q \leq 1$  (т.е. применяется и значение  $Q \neq 1$ ). На этом основании, с учетом предложенного нами метода вывода формулы (1), данная формула представляет собой модифицированный критерий прочности горных пород. Его апробация была осуществлена при построении паспорта прочности, используя экспериментальные данные для разнообразных горных пород, для которых механические характеристики представлены в монографии [10].

Для определения параметров  $A, B, Q$  в модифицированном критерии прочности в число исходных данных нет необходимости вводить в рассмотрение предел прочности на растяжение. Достаточно последовательно использовать формулу (1) следующим образом: в качестве исходных данных при  $Q=1$  выбираются экспериментальные значения пределов прочности при одноосном сжатии ( $c = c_0 = 0$ ) и при наибольшем (осуществленном в опыте) виде объемного напряженного состояния ( $c_2$ ); а при  $Q \neq 1$  к первым двум видам напряженного состояния добавляется рассмотрение еще при одном значении параметра

$c_1 \in (c_0, c_2)$ . Из полученной таким образом системы уравнений находятся искомые параметры  $A, B, Q$ .

Таблица 1 - Исходные экспериментальные данные [10] (размерность напряжения - МПа)

Dunham dolomite (block 1)	$\sigma_1$	209	289	296	344	367	412				
	$\sigma_3$	0.1	8.2	10.8	18	21.6	33				
Westerly granite	$\sigma_1$	239	387	484	582	771	917	1085	1515	1918	2117
	$\sigma_3$	0.1	9.5	17	27.5	51	77	108	207	321	400
Solnhofen limestone	$\sigma_1$	310	397	447.5	473	528					
	$\sigma_3$	0	20	40	60	80					
Dunham dolomite (block 2)	$\sigma_1$	261.5	400	487	540	568	620	682	725		
	$\sigma_3$	0	25	45	60	65	85	105	125		
Yamaguchi marble	$\sigma_1$	82	118	140	189	243					
	$\sigma_3$	0	6	12.5	25	40					
Mizuho trachyte	$\sigma_1$	100	196	259	302	341	368	437			
	$\sigma_3$	0	15	30	45	60	75	100			
Manazuru andesite	$\sigma_1$	140	349	381	552	671	806	875	884		
	$\sigma_3$	0	16	20	40	70	100	110	130		
Orikabe monzonite	$\sigma_1$	234	339	504	584.7	751.4	962	1107			
	$\sigma_3$	0	5	20	40	80	140	200			
Inada granite	$\sigma_1$	229	508	692	860	1013	1168	1371.8	1497		
	$\sigma_3$	0	20	40	70	100	150	200	230		

На основе представленных формул порядка расчета и исходных экспериментальных данных составляется следующий вариант каталога прочностных характеристик горных пород, включающий необходимое количество экспериментальных данных и определенных материальных параметров породы ( $A, B, Q$ ): таблица 2.

Задаются расчетные напряжения:  $\sigma_c, \sigma_1|_{c=c_i} = \sigma_{1(i)} (i = 1, 2)$ .

В число определяемых материальных параметров включается также теоретический предел прочности на растяжение ( $\sigma_p^f$ ).

Возможен и другой вариант расчета: в качестве исходных экспериментальных данных можно использовать пределы прочности на растяжение и одноосное сжатие для определения параметров  $A, B$  при  $Q=1$ .

Таблица 2 - К определению материальных параметров модифицированного критерия прочности

$\sigma_c$	$\sigma_{1(1)}$	$c_1$	$\sigma_{1(2)}$	$c_2$	$A$	$Q$	$B$	$\sigma'_p$
Dunham dolomite (block 1)								
209	-	-	445	0.074	-2322.06	1	2312.63	-9.19
Westerly granite								
239	917	0.084	2117	0.189	-1824.2	0.366	1818.45	-5.74
Solnhofen limestone								
310	-	-	528	0.1515	-1101.8	1	1057.27	-44.5
Dunham dolomite (block 2)								
261.5	-	-	725	0.1724	-1766.47	1	1747.01	-19.46
Yamaguchi marble								
82	140	0.089	243	0.164	-44.69	0.098	36.49	-8.19
Mizuho trachyte								
100	-	-	437	0.23	-854.8	1	848.9	-5.87
Manazuru andesite								
140	-	-	881	0.147	-2844.5	1	2841.4	-3.44
Orikabe monzonite								
234	-	-	1107	0.18	-2826.7	1	2817.03	-9.7
Inada granite								
229	-	-	1497	0.15	-4642.76	1	4637.1	-5.65

На основе данного каталога представим наибольшие круги напряжений Мора и огибающую к ним, например, для Mizuho trachyte (рис.1, 2), для Westerly granite (рис.3,4), для Yamaguchi marble (рис.5,6). Координаты огибающей вычислялись известным образом согласно теореме о её существовании как касательной к семейству окружностей.

Уравнение круга (для удобства его исследования) записывается в виде:

$$\varphi(\sigma, \tau, \sigma_1) = \sigma^2 + \tau^2 - (\sigma_1 + \sigma_3)\sigma + \sigma_1\sigma_3 = 0, \quad (6)$$

где параметром семейства уравнений ( $\varphi$ ) является напряжение  $\sigma_1$ .

Согласно известной теореме [11], огибающая семейства уравнений вида (6) должна удовлетворять также уравнению:

$$\varphi_{\sigma_1}(\sigma, \tau, \sigma_1) = 0, \varphi_{\sigma_1} = \partial\varphi / \partial\sigma_1. \quad (7)$$

Решением системы уравнений (6)-(7) будут координаты огибающей:

$$\sigma = \frac{\sigma_3 + \sigma_1\sigma'_3}{1 + \sigma'_3}, \tau = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{1 + \sigma'_3} \sqrt{\sigma'_3}, \left( \sigma'_3 = \frac{\partial\sigma_3}{\partial\sigma_1} \right) \quad (8)$$

Предварительно укажем следующее: уравнение кругов Мора можно представить еще в виде, отличном от (6):

$$\varphi(\sigma, \tau, \sigma_1) = \sigma^2 + \tau^2 - (1+c)\sigma_1\sigma + c\sigma_1^2 = 0, \quad (9)$$

где в качестве параметра данного семейства кругов фигурирует вид напряженного состояния ( $c$ ).

В этом случае координаты огибающей предельных кругов напряжений имеют вид:

$$\sigma = \frac{\sigma_1(\sigma_1 + 2c(\sigma_1)_c)}{\sigma_1 + (1+c)(\sigma_1)_c}, \tau = \frac{(1-c)\sigma_1\sqrt{(\sigma_1 + c(\sigma_1)_c)(\sigma_1)_c}}{\sigma_1 + (1+c)(\sigma_1)_c}$$

$$(\sigma_1)_c = \frac{\partial\sigma_1}{\partial c} = \frac{c[2A^2 - (1-c^2)B^2] - A(1+c^2)\sqrt{A^2 - (1-c^2)B^2}}{(1-c^2)^2\sqrt{A^2 - (1-c^2)B^2}} \quad (10)$$

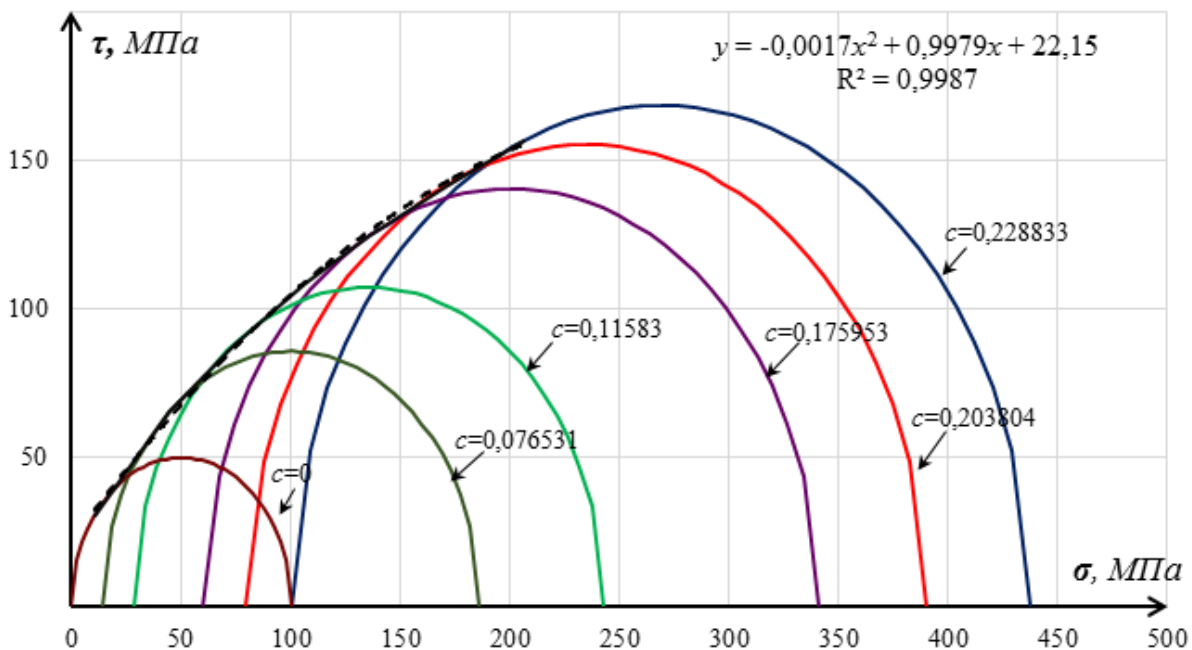


Рис. 1. Круги Мора для одноосного и трехосного сжатия горной породы Mizuho trachyte. Представлена также линия тренда, с высокой достоверностью  $R^2$  отражающая расчётную огибающую.

На рис.1,3,5 расчетная огибающая построена по формулам (10). На рис.2,4,6 отдельно представлены круги Мора для растяжения, одноосного сжатия и огибающая к ним, построенная по формулам (8). Вычисленные по этим двум формулам координаты огибающей точно совпадают в точке касания круга на одноосное сжатие. Тем самым подтверждается применимость всех представленных расчетных формул. Для всех рассмотренных горных

пород расхождение между расчетными и экспериментальными предельными кругами напряжений Мора не превышает 10%.

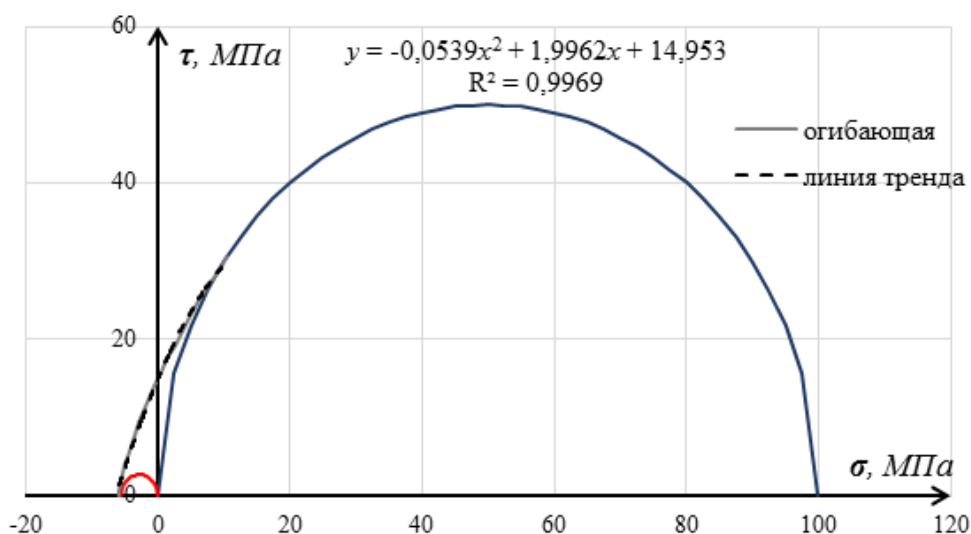


Рис. 2. Огибающая к кругам Мора на растяжение и одноосное сжатие для Mizuho trachyte

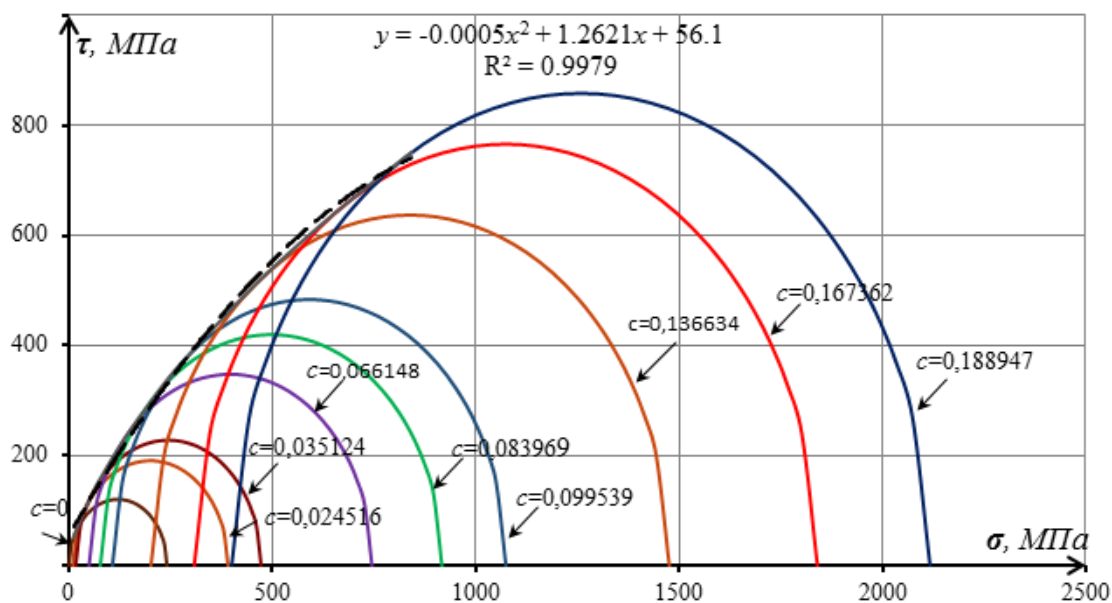


Рис. 3. Круги Мора для одноосного и трехосного сжатия горной породы Westerly granite

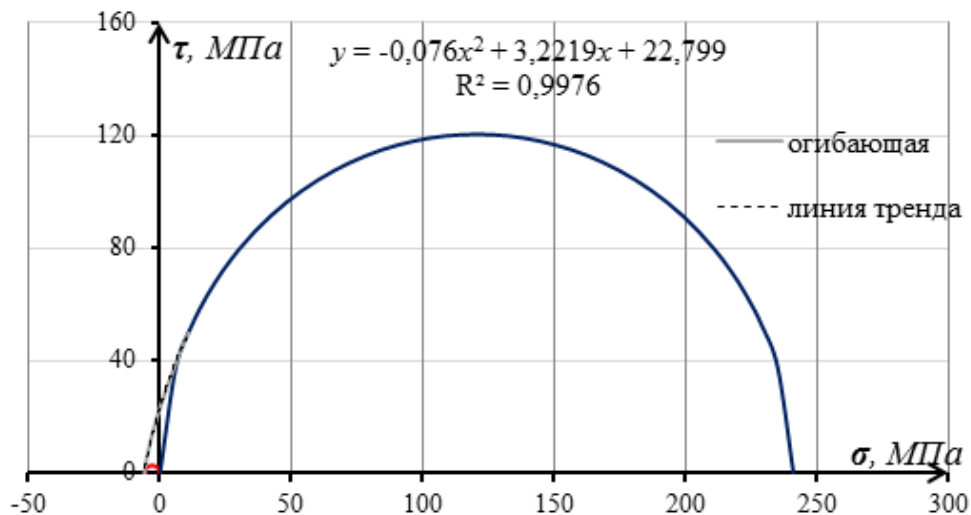


Рис. 4. Огибающая к кругам Мора на растяжение и одноосное сжатие для Westerly granite

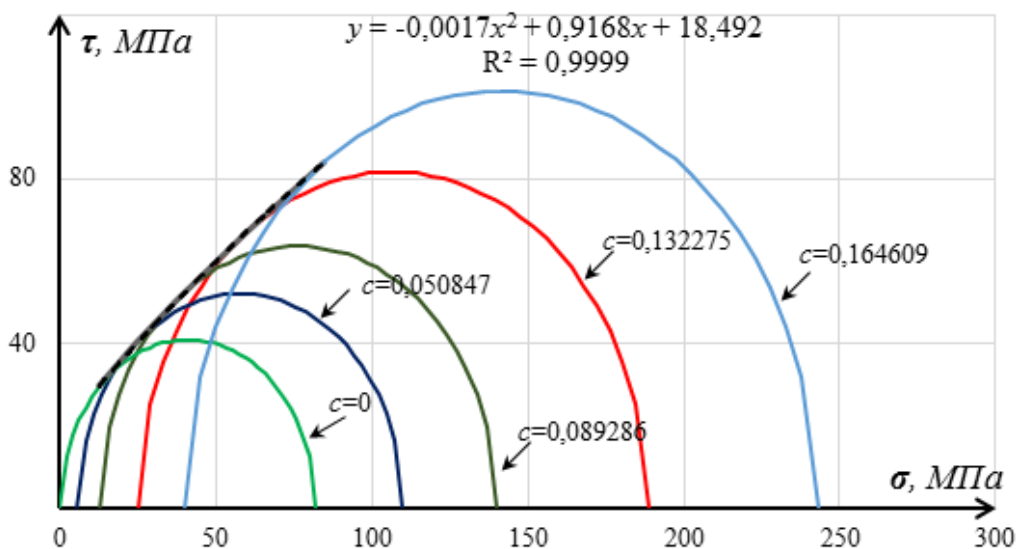


Рис. 5. Круги Мора для одноосного и трехосного сжатия горной породы Yamaguchi marble

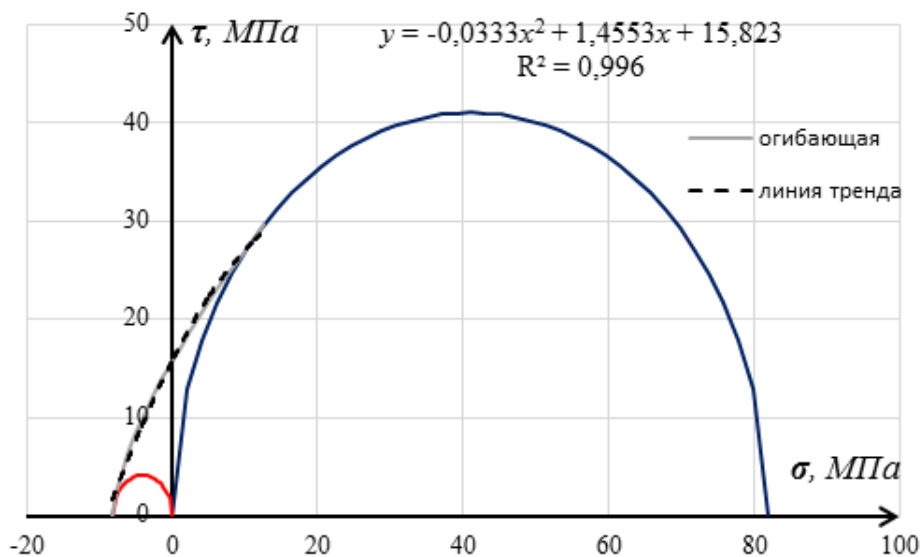


Рис. 6. Огибающая к кругам Мора на растяжение и одноосное сжатие для Yamaguchi marble



Из указанного способа построения огибающих в области растягивающих и сжимающих напряжений следует важный вывод; а именно: при экспериментальном построении огибающей к кругам Мора, включая одноосное растяжение, не следует стремиться аппроксимировать такую огибающую единой эмпирической зависимостью, начиная от растяжения и экстраполируя её в область сжимающих напряжений. Попытки такой аппроксимации заканчивались, как правило, неудачами. Между тем таких затруднений не возникает при применении изложенной методики построения паспорта прочности горных пород.

**Заключение.** Согласно ГОСТ 21153.3-88, для составления паспорта прочности горных пород (т.е. для построения огибающей к предельным наибольшим кругам Мора) надо знать пределы прочности не менее чем при пяти видах напряженного состояния: при одноосном сжатии и растяжении, а также не менее чем при трех видах трехосного (объемного) сжатия. В то время как при применении модифицированного критерия прочности (представленного формулой (1)), при  $Q = 1$  требуются только значения пределов прочности при одноосном сжатии ( $c = c_0 = 0$ ) и при наибольшем (осуществленном в опыте) виде объемного напряженного состояния ( $c_2$ ). При  $Q \neq 1$  к первым двум видам напряженного состояния добавляется рассмотрение еще при одном значении параметра  $c_1 \in (c_0, c_2)$ . Таким образом, в общем случае (при  $Q \neq 1$ ) для построения расчетного паспорта прочности максимальное количество исходных экспериментальных данных не превышает трех. Этих данных достаточно и для прогноза значений пределов прочности на растяжение большого количества рассмотренных нами горных пород, представленных в [10].

### Список литературы

1. ГОСТ 21153.8-88 Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии. – Введ. 1988–15–03. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 15 с.
2. Дуйшеналиев, Т.Б. Уравнение огибающей линии предельных кругов напряжений / Т.Б. Дуйшеналиев, К.Т. Койчуманов. – Бишкек: Илим, 2006. – 130 с.
3. Ставрогин, А.Н. Пластичность горных пород / А.Н. Ставрогин, А.Г. Протосеня. – М.: Недра, 1979. – 301 с.
4. Mao-hong Yu. Advances in strength theories for materials under complex stress state in the 20th Century // Appl Mech Rev vol 55, no 3, 2002. – p. 169-218.
5. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов. – Монография / ДонГТУ. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 207 с.
6. Abigail Hackston, and Ernest Rutter. The Mohr–Coulomb criterion for intact rock strength and friction – a re-evaluation and consideration of failure under polyaxial stresses // Solid Earth, 7, 2016 – p. 493-508.
7. Протодяконов, М.М. Методы исследования механических свойств горных пород в условиях объемного напряженного состояния. – В кн.: Механические свойства горных пород / М.М.Протодяконов, Е.И. Ильницкая, В.И.Карпов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963, С. 38–56.
8. Рычков, Б.А. О прочностных характеристиках горных пород / Б.А.Рычков // Современные проблемы механики сплошных сред – Бишкек, 2011. – Вып. 13. – С. 310-317.
9. Погорелов, А.В. Аналитическая геометрия. / А.В.Погорелов. - М.: Наука, 1968. - 176 с.
10. Mogi K., Experimental rock mechanics, CRC Press, London, 2007, 375 p.
11. Погорелов, А.В. Дифференциальная геометрия / А.В. Погорелов. – М.: Наука, 1974. – 176 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК. 372.87

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1845-1857

**М.Арзиев, Камилжан к. К.**

М.М.Адышев атындагы Ош Технологялык университети, Ош, Кыргыз Республикасы  
Ошский технологический университет им. М.М.Адышева, Ош, Кыргызская Республика

**M. Arziev, Kamilzhan K.K.**

Osh Technological University named after M.M.Adyshev, Osh, Kyrgyz Republic  
e-mail: arziev-musa@mail.ru, kamilzhan92@bk.ru

### КЫЗ-КЕЛИНДЕРДИН УЛУТТУК КИЙИМДЕРИНДЕГИ ОЮМДАРГА ЖАНА ОРНАМЕНТТЕРГЕ АНАЛИЗ

#### АНАЛИЗ УЗОРОВ И ОРНАМЕНТОВ ЖЕНСКИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ КОСТЮМОВ

#### ANALYSIS OF PATTERNS AND ORNAMENTS IN WOMEN'S NATIONAL COSTUMES

*Изилдөөнүн объекти, кыргыз элинин улуттук нукура көркөм колдонмо өнөрү, салттуу кийимдери жана алардын конструкциясы, технологиясы жана жасалгасы. Изилдөөнүн предмети: улуттук салттуу костюмдардагы, уз-чеберлердин чыгармачылыгын жана технологиясын жеңил өнөр жайына жайылтуу. Изилдөөнүн максаты: Элдик уз-чеберлер жараткан улуттук костюмдарын конструкциясын, технологиясын, оюм-чийимдерин жалпы эле чыгармачылыгын студенттерге жана өндүрүштүн чыгармачыл жаштарына түшүнүктүү жана жеткиликтүү үйрөтүүнүн жөнөкөй ыкмаларын иштеп чыгуу. Уз-чеберлердин чыгармачылыгын өндүрүшкө жайылтуу аркылуу нукура салттуу кийимдерди өндүрүүгө жана алардын эл арасында тарашына ыңгайлуу шарттарды түзүү. Кыргыздардын улуттук костюмдарын келечектеги муундарга калтыруу. Изилдөөлөр этаптарга бөлүнүп аткарылды. Кыргыз элинин салттуу кийимдери жана алардагы оюм-чийимдер боюнча адабияттардагы маалыматтар; музейлердеги көргөзмөлөрдө турган костюмдардын жана мурас катары энеден кызга өтүп, кыргыз үй-бүлөлөрүндө сакталып калган костюмдардын сүрөттөрү топтолду. Топтолгон маалыматтар системаланып алардын үстүнөн изилдөөнүн багыттары боюнча анализ жүргүзүлдү. Топтолгон сүрөттөргө жүргүзүлгөн байкоолордун жыйынтыгы анализденди. Логиканын закон ченемдүүлүктөрүн сактап анализдерди жыйынтыктоо менен изилдөө корутуланды.*

*Илимий жаңылыгы, студенттерге жана өндүрүштүн чыгармачыл кызматчыларына, уз-чеберлердин чыгармачылык сырларын үйрөтүүгө, кыргыз оюм-чийиминин орнаменталдык иероглификанын болгон “баяндамалуулуктун” колдонулушу. Алынган жыйынтыктар, элдик уз-чеберлер жараткан кийимдердин көп функциялуулугу, түзүлүшүнүн рационалдуулугу, гигиеналык, эргономикалык талаптардын сакталышы жана жасалгаларынын эстетикалык кооздугу, чеберлердин чыгармачылыгы ар тараптуу жана жогорку деңгээлде болгонун айгинеледи. Кийимдердин элдин үрп-адатына, салтына, жашоо турмушуна төп келип турушу жана аларды жасалгалаган оюм-чийимдер терең маани-мазмундуу болуп өзгөчө колориттүүлүгү, кыргыз уз-чеберлеринин чыгармачылык тажырайбалары үйрөнүп колдонууга, эл арасында таратууга, жана изилдөөгө, өнүктүрүүгө жана келечекте жаш муундарга калтырып эч качан жоготпоо зарылдыгын көрсөттү.*

**Түйүндүү сөздөр:** кийим, костюм, орнамент, оюм-чийим, белдемчи, баяндамалуулук, Умай эне.

*Объект исследования: национальное декоративно-прикладное искусство кыргызского народа, традиционная национальная одежда кыргызов, ее конструкция, технология и колорит. Предмет исследования: внедрение в легкую промышленность творчества и технологии народных мастеров традиционных национальных костюмов. Цели исследования: Разработка несложных методов понятного и доступного обучения студентов и творческой молодежи в производстве конструкции, технологии, орнаментам национальных костюмов, в целом творчеству народных мастеров. Создание благоприятных условий для производства и распространения среди населения традиционной национальной одежды посредством внедрения творчества народных мастеров в производство. Передача кыргызских национальных костюмов в наследие будущим поколениям. Исследования проведены поэтапно. Собраны информация о национальной традиционной одежде кыргызского народа, о узорах и орнаментах в литературных источниках; фотографии экспонатов национальных костюмов в музеях и фотографии кыргызских костюмов, сохраненных в семьях как реликвии, оставленные в наследство предками. Собранная информация и фотографии были систематизированы, далее по направлениям исследования проведен анализ. С соблюдением законов логики обобщены анализы и исследование завершено выводами. Научная новизна: использование орнаментальной иероглифики кыргызских узоров в обучении студентов и творческих сотрудников производства секретам творчества народных мастеров. Полученные результаты: Исследование доказало высокий уровень и многогранность творчества кыргызских народных умельцев, многофункциональность одежды, созданной мастерицами, а также рациональность построения одежды, соответствие ее гигиеническим и эргономическим требованиям и эстетичность ее отделки. Исследование показало соответствие национальной одежды народным традициям, условиям жизни, глубину значения и колоритность орнаментов и узоров, а потому необходимость исследования, использования и развития творческого опыта кыргызских народных мастеров, распространение его среди населения и передача в наследие последующим поколениям для того, чтобы оно не забылось.*

**Ключевые слова:** *одежда, костюм, орнамент, узор, белдемчи, баяндамалуулук, Умай эне,*

*Object of research: national arts and crafts of the Kyrgyz people, traditional national clothes of the Kyrgyz, its design, technology and coloring. Subject of research: the introduction of creativity and technology of folk craftsmen of traditional national costumes into the light industry. The research of objectives: Development of simple methods of understandable and accessible teaching of students and creative youth in the production of construction, technology, ornaments of national costumes, in general, the work of folk craftsmen. Creation of favorable conditions for the production and distribution of traditional national clothes among the population through the introduction of the creativity of folk craftsmen into production. Transfer of Kyrgyz national costumes to future generations. The research was carried out in stages. Collected information about the national traditional clothes of the Kyrgyz people, patterns and ornaments in literary sources; photographs of exhibits of national costumes in museums and photographs of Kyrgyz costumes preserved in families as relics left by ancestors. The collected information and photographs were systematized, further analysis was carried out in the areas of research. In compliance with the laws of logic, analyzes are summarized and the study is completed with conclusions. Scientific novelty: the use of ornamental hieroglyphics of Kyrgyz patterns in teaching students and creative employees of production the secrets of folk craftsmen's creativity. Obtained results: The research proved the high level and versatility of the creativity of Kyrgyz craftsmen, the versatility of clothing created by craftswomen, as well as the rationality of constructing clothing, its compliance with hygienic and ergonomic requirements and the aesthetics of its decoration. The research showed the conformity of national clothes with folk traditions, living conditions, the depth of meaning and coloring of ornaments and patterns, and therefore the need to research, use and*

*develop the creative experience of Kyrgyz folk craftsmen, distribute it among the population and pass it on to future generations so that it is not forgotten .*

**Key words:** *clothes, costume, ornament, pattern, beldemchi, bayandamaluuluk, Umai ene.*

Кыргыз элинин оюм-чийиминин ар биринин маани-мазмундуу маңызынын болушу, көп түрдүүлүгү жана алардын санынын беш миңге жакын көптүгү илим-изилдөөчүлөрдү кызыктырган [1,2,3,4]. Алардын изилдөөлөрүнүн негизинде, ар бир оюм-чийимдин эл арасында колдонулган маани-мазмуну же эмненин символу экендиги аныкталган. Бул оюм-чийимелер менен буюмдардын бетине түшүрүлгөн орнаменттер кыргыз элинин жашоосунун кандайдыр-бир философиясын чагылдыргандыгы айтылган.

Кыз-келиндердин кийимдери (костюмдары), оюм-чийим, орнаменттер көп колдонулган кыргыз буюмдарынын бири. Кыз-келиндердин шөкүлө, чыптама, кемсел, белдемчи жана башка кийимдериндеги оюм-чийим орнаменттер турмуштун ар кыл шартында жана жергебиздин аймактык өзгөчөлүгүнө жараша кээде өзгөрүүгө учурап, кээде өнүгүү, өсүү жолунда болуп, мазмунга байып келген. Изилдөөчүлөр, бул өзгөрүүлөрдү музейлердеги көргөзмөлөрдөн, мурас катары энеден кызга өтүп, кыргыз үй-бүлөлөрүндө сакталып калган костюмдардын сүрөттөрү аркылуу көрсөтүштү (1-сүрөт). Бул сүрөттөрдө кыргыздын салттуу кийимдери башка элдердин кийимдеринен өзгөчө, көп түрдүү, калориттүү экендиги байкалат. Кийимдерди жасалгалоодо колдонулган сайма оюм-чийимдер өзүнчө эле бир жомок [1,6,7].



1-сүрөт. Өткөн кылымдардагы кыргыз костюму

Кыргыз оюм-чийимдерин изилдөөчүлөр, көркөм оюм-чийимдер элибиздин чыгармачылык катмарынын бир кезектеги жазуусу болгонун көрсөтүшкөн [2,4]. Анын далили болуп кыргыз оймо – чиймесиндеги орнаменталдык иороглификанын сыры болгон “баяндамалуулук” эсептелет. Баяндамалуулук аркылуу кыргыз буюмдарындагы орнаменттердин маани-мазмунунун түйүнүн чечүүгө, тилин табууга болот. Баяндамалуулукту колдонуп орнаментти чечмелөө ар кимдин колунан келе бербейт. Көкүрөгү баамчыл сезимтал ууз-чеберлер гана бул элдик оюм-чийимдер менен сүйлөшө алышкан. Бул чеберлердин чыгармачыл тажырыйбаларын үйрөнүүнүн, улуттук чыгармачылыкты өнүктүрүүдө жана жаштардын чыгармачылыгын өстүрүүдө мааниси баа жеткис.

Улуттук чеберлердин оюм-чийимдерин жаштарга сиңимдүү ыкмалардын жардамы менен үйрөтүү жана элдин чыгармачыл катмарына таратуу аркылуу кыргыздын улуттук улуу оюм-чийимдеринин нукуралуулугун сактап, кийинки муундарга өткөрүп бере алабыз.



Нукура кыргыз көркөм чыгармачылыгын үйрөнүүнүн жана аны өнүктүрүүнүн жөнөкөй методикасы болуп, улуттук буюмдардагы оюм- чийимдин баяндамалуулугун изилдеп анализдөө болушу мүмкүн. Бул усулдун жөнөкөйлүгү кыз-келиндердин белдемчисин жана анын сайма орнаментиндеги оюм-чийимдерин баяндамалуулугун анализдөө аркылуу көрсөтүлдү.

Белдемчи кыргыздын эң байыркы жана даанышман эл экендигин далили. Анын топчусунун жоктугу, топчу ойлонуп табыла элек кезде эле кыргыз аялдарынын кийип жүргөндүгүнөн маалымат берет. Белдемчинин артыкчылыгынын бири- анда өлчөм жок. Арык жана толук аялдарга да туура келе берет[5].

Белдемчи кыз турмушка чыгып, тун наристесин төрөгөндөн кийин белден ылдый, көйнөктүн сыртынан тагына баштоочу кийим.

Кыргыз эли көчмөн калк болгондуктан, атка минүүгө ыңгайлашып этек жагы кенен болуп кетет. Бели калыңдалып этеги узун болуп тигилет. Бирок көйнөктүн этегине чейин жетпейт, көйнөктүн этеги чыгып туруш керек. Атка мингенде тизени жаап, бутту сууктан коргойт. Төрөгөндөн кийин кыймылдаганда белге күч келет. Андыктан белдемчи белди бек бууп, бат тагынганга керек.

Белдемчи кош бойлуу кезде чоюлуп чыгып калган курсакты тартууда алмаштыргыс кийим. Бели карыштай жазы болгондуктан, аны кийгенде бел, ич, табарсык, бөйрөктү сууктан сактайт. Бел дайыма кысылып тургандыктан, кыргыз келиндери кымча бел келишкен.



2-сүрөт. Белдемчи

Үйдө кийиле турганы белдемчи чыттан же башка жука материалдардан тигилип жөнөкөйүрөөк болуп, мал сааганда, тамак даярдаганда көйнөктү кир болуудан сактаган.

Ал эми эки жакка, той-тамашага кийиле турган белдемчи кымбат матадан тигилип өңүрүнө, этегине суусар же кундуз карматылган. Андан тышкары эки өңүрү сайма оюмдар менен кооздолгон. Белдемчинин тигилиши жана көркөмдүүлүгү аны кийүүчүнүн жашына ылайыкталган.

Илгери ар аймакта жашаган аялдарда өздөрүнө таандык оюм-чийимдери болуп белдемчини алар менен коштошкондо эл «бул тиги жактан экен» деп билишкен.

Кыргыз оюм-чийимдерин изилдөөчүлөр белгилегендей, белдемчиде колдонулган оюм-чийимдер, баардык башка оюм-чийимдер сыяктуу эле регионго байланыштуу бири- биринен айырмаланышкан. Бир региондогу ууз-чеберлер дагы белдемчини бири-биринен айырмаланган оюм-чийимдер менен жасалгалашкан. Башкача айтканда белдемчиге түшүрүлгөн орнаменттердин түрү өтө эле көп. Алардын арасынын, баяндамалуулугун изилдөө үчүн 3-сүрөттө көрсөтүлгөн белдемчи тандалып алынды [7].



3-сүрөт. Белдемчидеги оюм-чийимдер

Белдемчи эки бөлүктөн турат, бел курчоосу жана этеги. Бел курчоого этек уланган. Белдемчинин этеги белди толук оройбойт, ошондуктан анын эндүүлүгү бел курчоо менен тең эмес. Бел курчоонун учтары этектен ашып турат. Бел курчоонун орнаменти белдемчинин этегинин орнаменттеринин орнаменттери менен байланышкан эмес жана оюм-чийимдери дагы ар башка.

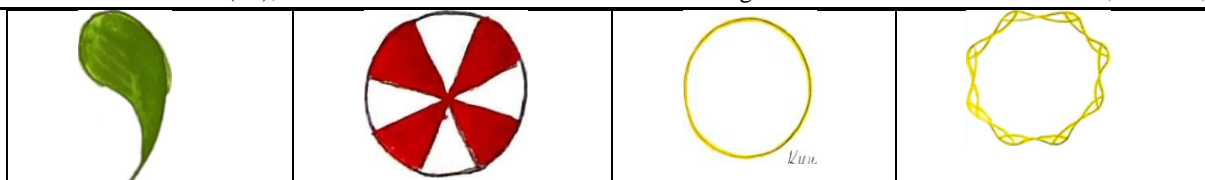
Белдемчинин этегин четтери ар түрдүү түстөгү үч бурчтуу курак орнамент менен жасалгаланган.

Белдемчинин ортосун жасалгаланган орнамент 13 (он үч) оюм-чийимдин курамынан турат. Алар: күн, умай эне, асылдуулук символу, тазалыктын символу, кызга кырк үйдөн тыюу, ачылган гүл, кош көгүчкөн, ачылган гүлдүн башы, көгүчкөндүн уясы, боорукердик жашоо (мээримдүү жашоо), жаңгак деп аталган оюм-чийимдер.

Орнаменттеги ар бир оюм-чийимдин түзүлүшүн изилдөөнүн жыйынтыгы 1-10 таблицаларда көрсөтүлдү. Оюм-чийимдин маани-мазмунунун маңызы Ш.Моңголдоров жана башка изилдөөчүлөр тарабынан берилген маалыматтардын негизинде аныкталды [ 2,3,5 ].

1-таблица

Күн			
Баяндамалуучулары (түзүүчүлөрү)			
Нур	От	Айлана	Жылуулук



*Күн* - Бүт ааламга жашоо, энергия, жарыктык, кооздук берүүчү; жан-жаныбарларга жашоо-тирүүчүлүк, жашоо-кызыкчылыгын, көбөйүүнү, өнүгүүнү жана өсүүнү тартуулаган жашоо булагы.

Башталышы белгисиз чексиз убакыттардан бери жана дагы аягы белгисиз чексиз убакытка чейин ааламга жашоо-энергиясын берүүсүн улантууга даяр күн, кең пейилдүүлүктүн, кут-берекелүүлүктүн символу.

2-таблица

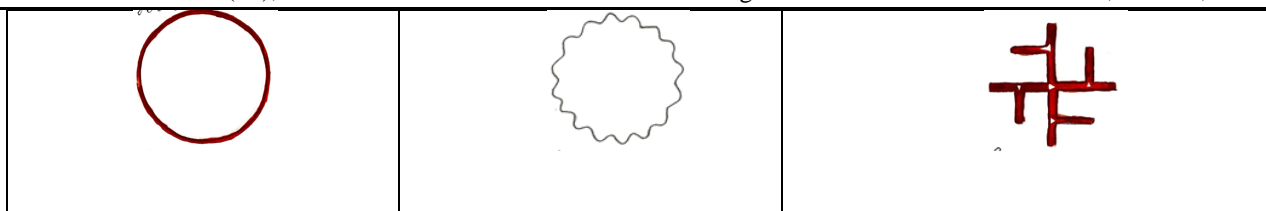
Умай эне		
Умай эненин оюм-чийимдеги ар түрдүүлүгү		

*Умай эне* - Аял заты үчүн акылдуулуктун, мээримдүүлүктүн, тазалыктын, асылдуулуктун, даанышмандыктын, чечкиндүүлүктүн, эрктүүлүктүн эталону. Ошондуктан жаш кыздарга жакшылык каалаганда Умай энедей бол деп бата беришет. Эл арасындагы даанышман энелерди Умай эне деп аташат.

Умай эне ымыркайлардын аман-эсен төрөлүшүн жана алардын андан кийинки ден-соолугун сактайт деп чон апаларыбыз бүгүнкү күнгө чейин айтып келишет. Жаратылыштын чыныгы заттарын колдонуп эл арасында даарыгерлик кылган дарыгер аял кишилерди дагы эл арасында Умай-эне деп айтышат.

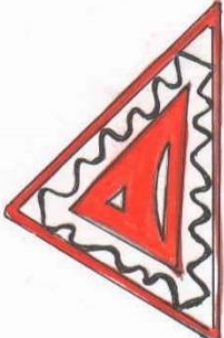



3-таблица

Асылдуулук символу		
Баяндамалуучулары		
Айлана	Нур	Береке



*Асылдуулук символу* - Асылдуулук “асылзат”, “аруузат”, “асыл”, “назик” жана башка баалуу белгилерди курамына топтогон баалуулук. Бул баалуулукту кыз-келиндерге, аял кишилерге айтышат. Асылдуулук асыл таш (алтын, күмүш, бриллиант, бермет ж.б.) деген сөздөн келип чыккан баалуулуктун символу. Кыз-келиндердин асылдуулугу алардын акылдуулугу, мээримдүүлүгү, айланасына нурун чачкан көркөмдүүлүгү.

4-таблица

Тзальктын символу		
		
Баяндамалуучулары		
Сырты тазалык	Суу	Ички тазалык
		



*Тазалыктын символу* - Тазалык сырткы жана ички тазалыктан турат. Сырткы тазалык, кыз-келиндер үчүн сырткы көрүнүшүнүн, кийген кийимдеринин, үй-жайынын жана башка тазалыктары. Адам баласы үчүн ички тазалык болуп анын ички дүйнөсүнүн тазалыгы эсептелет. Бул маданияттуулук, гумандуулук, улууларды урматтоо жана кичүүлөрдү сыйлоо, улуттук үрп-адаттарды, коомдун жана жүрүм-турумдун этикаларын сактоо.

5-таблица

Кызга кырк үйдөн тыюу

Баяндамалуучулары






Курчап турган чөйрө	чөйрөдөн тыюу
	

*Кызга кырк үйдөн тыюу* - кылымдап калыптанган, кыргыз элинин үй-бүлөсүндөгү, жекече жашоосундагы, коомдогу жүрүм-турумундагы, айлана-чөйрөсүнө болгон мамилесиндеги салт-санааларды, үрп-адаттарын сактоого багытталган чектөөлөр.

Бул чектөөлөр аял кишилер, анын ичинен кыз-келиндер үчүн өзгөчө мааниге ээ болгон. Салт-санааны билбеген кыз күйөөгө барса ата-энесин гана эмес, бүт айылын, уруусун сөзгө калтырган. Андыктан кыздын кылык – жоругун, баскан – турганын, үй – бүлөсүндөгүлөрдөн сырткары тууган – уругу да тескеген. “Кызга кырк үйдөн тыюу” деген макал ошол себептүү келип чыккан.

6-таблица

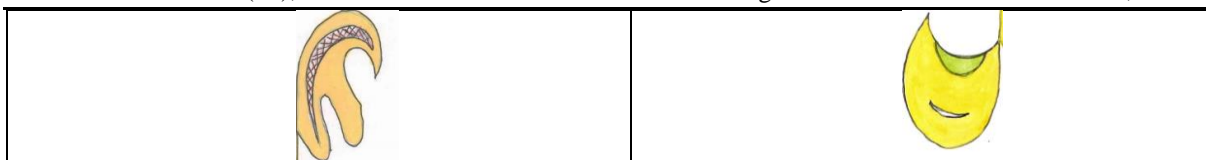
Ачылган гүл	
	
Баяндамалуучулары	
Ачылган гүл	Жалбырак жана сабагы
	

*Ачылган гүл* - Гүлдүн жетилип бүчүрүн ачып эң сулуу куракка жеткен курагы, аңкыган жытын айланага чачкан учуру. Бул курагына жеткенге чейин гүлдү үзүүгө жана гүлдөн белек жасоого болбойт.

Ачылган гүл бул жаштыктын, назиктиктин, сулуулуктун, сүйүүнүн, асылдуулуктун символу. Ачылган гүлдү тартуулоо бул тазалыкты, асылдуулукту, эргүүнү, сүйүүнү, сыйлоону тартуулоо болуп эсептелет.

7-таблица

Кош көгүчкөн	
	
Баяндамалуучулары	
Көгүчкөндүн башы	Көгүчкөндүн канаты



*Кош көгүчкөн* - Дүйнө элдери көгүчкөндүн элеси менен тынчтыкты, жарыктыкты, тазалыкты, сүйүүнү, ишенүүнү, келечекке болгон үмүттү, жана туруктуулукту белгилешет.

Кош көгүчкөн түбөлүк кыйбастыкты, гармонияны, түшүнүүнү жана бири-бирине берилгендикти элестетет.

Чыгыш элдеринде көгүчкөн туруктуу сүйүүнүн, баш кошуунун, жана үй-бүлөнүн коломтосунун символу.

8-таблица

Ачылган гүлдүн башы		
Баяндамалуучулары		
Гүлдүн башы	Ачылган гүлү	Гүлдүн уругу

*Ачылган гүлдүн башы* - Бул оюм-чийимде акцент оюм чийимди баяндамалуучу гүлдүн уругуна таандык. Урук бул жашоону улантуучу.

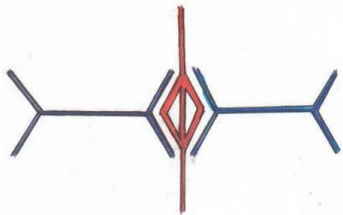



Урук жерге түшүп, жерде тамырлап, тамырдан гүлдүн сабагы өсүп чыгат, сабак бутактайт, бөлүнүп чыккан ар бир бутактын учундагы бүчүр жетилип, ачылып гүлдөп уруктанат. Бул уруктардын ар бири кайрадан жашоонун башаты болуп калат. Ошондуктан ачылган гүлдүн башы уруктун өсүүсүн, көбөйүүсүн, Урук бул жашоону улантуучу.

9-таблица

Көгүчкөндүн уясы		
Баяндамалуучулары		
Көгүчкөн	Уя	жумуртка

*Көгүчкөндүн уясы* - Көгүчкөндүн уясы аркылуу көгүчкөндүн үй-бүлөсүнүн туруктуулугу; башка канаттуулардан өзгөчөлөнүп өз үй-бүлөсүн таштабагандыгы; үй-бүлөгдөгү өтө мээримдүү мамиле; үй-бүлөнүн коломтосу болгон уясын бузбаганы белгиленет.

10-таблица

Боорукердик менен жашоо		
		
Баяндамалуучулары		
Эки адамдын жашоосу	Сунулган кол	Жол
		

*Боорукердик жашоо* - Боорукердик жашоо деген маданияттуулукту, адам-заттын бири-бирине болгон сый-урматтоосун, сүйүүсүн, достугун жана башка мээримдүү байланышты көрсөтүүнүн жолу.

Боорукердик жашоо, бул жеке жашоодогу мээримдүүлүктүн жана коомдогу гумандуулуктун булагы.

Боорукердик жашоо, бул жаратылыш менен гармонияда жашоо, жаратылыштын флора жана фаунасын көздүн карегиндей сактоо.

11-таблица

Жаңгак		
		
Баяндамачалуучулары		
Жаңгактын кабыгы	Данек канаалар	Данеги
		

*Жаңгак* - Жаңгактын сырткы катуу кабыгынын ичиндеги кутулардын болушу, анын ичинде азык-данегинин жайгашуусу бул сарамжалдуулуктун символу. Жаңгактын дамдууданы бул кут-берекенин, токчулуктун белгиси.

Орнаменттин оюм-чийимдери белдемчинин ортосундагы вертикалдык бой сызыкка салыштырмалуу симметриялуу.

Орнаментте акцент этектин эки четиндеги күн аркылуу берилген. Эки күн этектин ортосундагы баардык оймо чиймелерге нурун чачып турат. Бул жөн жеринен болбосу керек. Уз-чеберлер күндүн нуру аркылуу этектин ортосундагы баардык оймо чиймелерге жашоо, энергия, жарыктык, өсүүнү жана көбөйүүнү, башкача айтканда жашоо булагын тартуулагансыйт.

Орнаменттин калган оюм-чийимдери, белдемчинин этек четинде бир катарга күндөрдүн ортосунда тизилген. Ушул эле оюм-чийимдер күндөрдүн үстүнө белдемчинин чети боюнча дагы тизилген. Тизилген оюм-чийимдердин арасына Умай эне оюм-чийими ар башка сүрөттөлүштө жайгашкан.

Уз-чеберлер белдемчинин ортосундагы оюм-чийимдер менен аялзатын жашоосундагы ар бир курагын чагылдыргансыйт. Ал эми ар бир оюм-чийим бул курактардагы аял заттына турмуштун жана жашоонун талаптарын, даанышман Умай эненин осуяттарын айтып тургансыйт.

Асылдуулук, тазалык жана кызга кырк үйдөн тыюу оюм-чийимдери, кыргыз элинде кылымдап калыптанган аял затынын баалуулугун айгинелеп, тазалыгына жана жүрүм турумуна болгон талаптарды, үрп-адаттарды тастыктайт. Кызга кырк үйдөн тыюу оюм-чийими кыз-келиндер үчүн баа жеткис тарбия, таалим-насыят.

Белдемчинин ортосундагы ачылган гүл, кош көгүчкөн, ачылган гүлдүн башы, көгүчкөндүн уясы, боорукердик жашоо жана жаңгак оюм-чийимдери аял затынын жашоосундагы болуучу курактарын көрсөтөт.

Аял затынын алгачкы курагы бул кыз курагы. Уз-чеберлер бул куракты гүл оюм-чийими менен көрсөтүп, кыздын гүлдөй назик, сулуу, эркин, таза, ак сүйүүгө ынтызар экендигин элестетет.

Кош көгүчкөн кыз-келиндердин сүйүү менен жашоо курагын көрсөтөт. Оюм-чийим түбөлүк кыйбастыкты, гармонияны, бири-бирине берилгендикти, туруктуу сүйүүнү жана баш кошууну чагылдырат.

Ачылган гүлдүн башы оюм-чийиминде, аял заты жашоонун улантуучусу экендиги баяндалган. Бул оюм-чийимде жашоонун улануусу өсүү, өнүгүү, көбөйүү менен чогу терең мааниде баяндалган.


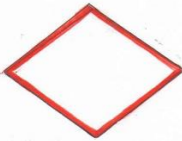

Көгүчкөндүн уясы аял затынын үй-бүлөө күткөн курагы. Уз-чеберлер үй-бүлөдөгү мээримдүү мамилени; үй-бүлө ташталбасын; үй-бүлөнүн коломтосун бузбоону жана туруктуу үй-бүлөөнү көгүчкөндүн уясы менен көрсөткөн.

Аял затынын көп убакытка созулган курагы болуп, үй-бүлөсү менен чогуу жашап балдар-кыздарын эр-даражага жеткирген курагы эсептелет. Боорукердик жашоо оюм-чийими, аял заттын бул курагындагы боорукердикти, сый-урматтоону, достукту жана башка мээримдүү байланышты сүрөттөйт.

Жаңгак оюм-чийими аял затынын куттуу курагы болгон эне курагын элестетет. Бул куракта аял заты, жаңгаттын кутуларына толгон данегиндей акыл-ойго толгон даанышман, жашоонун баардык этаптарын башынан өткөргө сарамжалдуу, үй-бүлөсүнө тарбия-таалим берип төрдө отурган кут-береке.

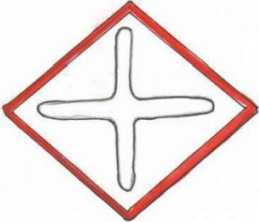
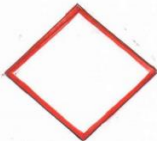

Орнаменттеги оюм-чийимдерин арасына жайгашкан Умай эне оюм-чийиминин ар түрдүү көрүнүштөрү, аял затынын ар бир курагына Умай эненин даанышман тарбияларын, талаптарын элестетип жана эскертип тургансыйт.

Белдемчинин бел курчоосунун орнаменти бир катарга жайгашкан. Орнамент адамдын сөлөкөтү, кереге көз, деп аталган жана белдемчинин этегинин орнаментинде кездешкен ачылган гүлдүн башы оюм-чийимдеринен турат. Оюм-чийимдер орнаментте ирээти жок кайталанат. Бел курчоонун оюм-чийимдери жана алардын баяндамалуучулары 12 жана 13 таблицаларда көрсөтүлдү.

Адамдын сөлөкөтү	
	
Баяндамалуучулары	
Адамдын сырткы сөлөкөтү	Адамдын ички сөлөкөтү
	

*Адамдын сөлөкөтү* - Бул оюм-чийим эки бөлкүтөн турат сырткы сөлөкөт жана ички сөлөкөт. Сырткы сөлөкөт аял затынын сырткы тулку боюн, өңү-түсүн, басым-туруму. Ал эми ички сөлөкөт адам затынын ден-соолугу, бул эркин татыктуу жашоонун булагы.

13-таблица

Кереге көз	
	
Баяндамалуучулары	
Кереге	Көз
	

*Кереге-көз* - Кереге бул кыргыз үйдүн түндүк ууктарын, алардын үстүнө жабылган жабдууларды көтөрүп, үйгө төгөрөк форма берип көркүн ачкан тулкусу. Кыргыз үйдөн башка учурларда, ар кандай нерсенин (буюмдун) форма берүүчү, жүк көтөрүүчү жана сырткы чөйрөдөн сактоочу бөлүгү керегеси деп аталат. Көз адам затынын негизги көрүү органы. Сырткы айлана чөйрөдөгү көрүнүштөрдү адам баласынын акыл-эсине чагылдырат.

«Белдемчи» - деген аталыш: “бел” – бел, “дем” – эс алуу, “эмчи” – дабагер, деген үч сөздөн келип чыккан. Башкача айтканда “белге дем берген жана дабагер болуучу” дегенди түшүндүрөт [7]. Ушул түшүнүктү элдик ууз-чеберлер, бел курчоодогу оюм-чийимдери аркылуу белдемчиге жазган сыяктанат.

Белдемчинин колдонулушун, түзүлүшүн жана этегиндеги, бел курчоосундагы оюм-чийимдерин структурасын жана маани – мазмунун изилдөөнүн негизинде төмөнкүдөй корутундуларды чыгарууга болот.

**Жыйынтыктар:**

1. Белдемчинин көп функциялуулугу, түзүлүшүнүн рационалдуулугу, гигиеналык, эргономикалык талаптардын сакталышы жана жасалгаларынын эстетикалык кооздугу кыргыз элинин ууз-чеберлеринин чыгармачылыгы ар тараптуу жана жогорку деңгээлде болгонун айгинелейт.

2. Улуттук кийимдердин элдин жашоо турмушуна төп келип турушу жана аларды жасалгалаган оюм-чийимдер терең маани-мазмундуу болуп өзгөчө калориттүүлүгү, кыргыз ууз-чеберлеринин чыгармачылык тажырайбалары үйрөнүп колдонууга, эл арасында таратууга, жана изилдөөгө, өнүктүрүүгө жана келечекте жаш муундарга калтырууга татыктуу.

3. Кыргыз улуттук кийимдери (костюмдары) боюнча терең изилдөөлөр жүргүзүлбөй, ар бир кийим боюнча маалыматтар аз, ошондуктан заманбап модадагы кыргыз кийимдерине улуттук чыгармачылык, калорит толук чагылдырылбай калууда. Улуттук ууз-чеберлердин чыгармачылык тажырайбалары үйрөтүү аркылуу жаш дизайнерлердин көркөм-чыгармачылыгын жана кесипкөйлүгүн өстүрүү келечектин талабы.

4. Ууз-чеберлердин оюм-чийимдерине терең анализ, ууз чеберлердин чыгармачылык-тажырайбаларын үйрөнүүнүн келечектеги эффективтүү усулу болуп калышы мүмкүн.

### Адабияттар тизмеси

1. Максимов, В.М. Кыргыз оймолору / В.М.Максимов. - Фрунзе: Кыргызстан,1987. - 157 б.

2. Монолдоров, Ш.К. Кыргыздын улуттук оймо чиймелери Ш.К. Монолдоров. - Бишкек: Кыргызстан, 1998. - 187 б.

3. Рындин, М.В. Киргизский национальный узор / М.В. Рындин. - Ленинград — Фрунзе: Ленинград, 1948. - 187 б.

4. Максимов, В.А. Кыргыз оймолору / В.А.Максимов, Е.К. Сорокин. – Бишкек: 1999. – 189 б.

5. Антипина, К.И. Кыргыздын элдик кийимдери / К.И.Антипина, А. Көчкүнов. – Анкара: 2004. – 242 б.

6. Абрамзон, С.М. Кыргыздар / С.М.Абрамзон. – Фрунзе: Кыргызстан,1989. – 213б.

УДК 504.05+624.131.1(575.2)

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1858-1863

**К.А. Аманов<sup>1</sup>, К.А. Касиев<sup>2</sup>, К.А. Кожобаев<sup>3</sup>, Г.Т. Молдогазиева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,4</sup>Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын М.М.Адышев атындагы Геология институту, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>3</sup>Манас” Кыргыз-Түрк университети, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1,2,4</sup>Институт геологии им.М.М. Адышева Национальной академии наук Кыргызской Республики. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>3</sup>Кыргызско-Турецкий университет “Манас”. Бишкек, Кыргызская Республика

**К.А. Amanov<sup>1</sup>, К.А. Kasiev<sup>2</sup>, К.А. Kojobaev<sup>3</sup>, G.T. Moldogazieva<sup>4</sup>.**

<sup>1,2,4</sup>Institute of Geology named after MM Adyshev of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>3</sup>Kyrgyz-Turkish University “Manas”, Bishkek, Kyrgyz Republic

## **АК-ТҮЗ КЕНДИГИНИН (РУДНИГИНИН), КИЧИ-КЕМИН ӨРӨӨНҮНДӨ ЖАШАГАН АДАМДАРДЫН ДЕН-СОЛУГУНА ТИЙГИЗГЕН ТЕРС ТААСИРЛЕРИ**

### **О ВЕСЬМА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АК-ТЮЗСКОГО РУДНИКА НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ В КИЧИ-КЕМИНСКОЙ ДОЛИНЕ**

#### **ABOUT THE VERY NEGATIVE IMPACT OF THE AK-TUZ MINE ON THE HEALTH OF PEOPLE LIVING IN THE KICHI-KEMIN VALLEY**

*Макалада Кыргыз Республикасынын Кемин районунда жайгашкан Кичи-Кемин өрөөнүндө мурда көп жылдар бою (1943-1995-ж.ж.) иштеген Ак-Түз тоо-кен мекемесинин айлана-чөйрөгө, анын ичинде, бөтөнчө, адамдардын ден-соолугуна тийгизген өтө терс таасирлери баяндалат.*

*Өрөөндө жашаган элдин ден-соолугунун 1960-жылдардан тарта начарлай баштап, анын натыйжасында адам өлүмүнүн такай көбөйө башташы, Ак-Түз кендигинин №2 калдык сактагычында 1964-жылы болгон катастрофалык кырсыктын (авариянын) кесепетинен өрөөндү, бөтөнчө Кичи-Кемин дарыясын бойлото жайгашкан айылдардын аймактарын (территорияларын) дээрлик текиши булгаган, курамында өтө зыяндуу заттар жана химиялык элементтер бар өндүрүш калдыктардын таасиринен экени аныкталып отурат.*

*Мындай жыйынтыкка авторлор өзүлөрү ойлоп таап, илим-изилдөө тажрыйбасында биринчи жолу пайдаланылып жаткан тоо-кен мекемелеринин иштеп турган мезгилдеринде (1943-2019-ж.ж.) адам өлүмүнүн ар бир жылдык санынын хронологиялык өзгөрүүсүн иликтөө ыкмасынын негизинде келишкен.*

*Бул ыкма авторлор тарабынан дегу эле айлана-чөйрөгө, анын ичинде, адамдардын ден-соолугуна терс таасирин тийгизип жаткан бардык эле ишканаларга экологиялык жактан баа берүүдө ийгиликтүү пайдаланууга сунушталат.*

**Түйүндүү сөздөр:** Ак-Түз кендиги, өндүрүш калдыктары, адамдардын ден-соолугу, терс таасирлер.

*В статье описывается весьма отрицательное воздействие бывшего горнодобывающего предприятия «Ак-Тюз», действовавшего на протяжении многих лет (1943-1995-г.г.) в Кичи-Кеминской долине (Кеминский район Кыргызской Республики) на окружающую среду, в том числе особенно, на здоровье человека.*



*Установлено, что постепенное ухудшение здоровья людей со второй половины 1960-годов, а в связи с чем и постоянный рост ежегодного числа смертей среди жителей долины напрямую связаны с отрицательным воздействием на здоровье человека промышленных отходов, вылившихся из хвостохранилища (х/х) №2 Ак-Тюзского рудника в результате катастрофической аварии в 1964 году и загрязнивших часть территории долины, особенно, территории расположенных вдоль русла р.Кичи-Кемин населенных пунктов, весьма вредными для здоровья человека химическими элементами.*

*К такому выводу авторы пришли на основе найденного ими и впервые примененного в научно-исследовательской практике метода анализа хронологического изменения ежегодного числа умерших людей с 1950 г. по настоящее время.*

*Авторами рекомендуется успешно использовать данный метод при экологической оценке деятельности любых предприятий, оказывающих негативное воздействие на окружающую природную среду, в том числе и на здоровье человека.*

**Ключевые слова:** Ак-Тюзский рудник, производственные отходы, негативное влияние, здоровье людей.

*The article describes the impact of the Ak-Tuz mining enterprise, which operated many years ago in the Kichi-Kemin Valley, on the environment, including human health.*

*Since the 1960s, the health of the people living in the valley began to deteriorate, as a result of which the death toll began to increase, as a result of a catastrophic accident (accident) that occurred in 1964 at the Ak-Tuz mine. tailing dump No. 2, the valley, especially the settlements located along the Kichi-Kemin river (territories) are almost uniformly polluted, contain extremely harmful substances and chemical elements, it has been established that this is due to the influence of waste.*

*The authors came to this conclusion on the basis of the method they invented and applied for the first time in research practice to study the chronology of changes in the annual number of human deaths from 1950 to the present.*

*The authors propose to successfully use this method in the environmental assessment of all enterprises that have a negative impact on the environment, including human health.*

**Key words:** Ak-Tuz mint, the negative impact, the people's health.

Кичи-Кемин өрөөнү административдик жактан Кыргыз Республикасынын (КР) Чүй облусунун Кемин районунун аймагында жайгашкан, физика-географиялык жагынан Чүй өрөөнүнүн түндүк-чыгышты көздөй созулган уландысы же бир “бучкагы” десе болот.

Өрөөндүн жогорку бийик жагында өткөн кылымдын 30-жылдарында советтик геологдор тарабынан “Ак-Түз” деп аталган кендүү талаа (орусча “рудное поле”) табылган. Ал жерде дароо эле издөө жана чалгындоо иштери жүргүзүлө баштап, ыкчамдык менен жаңы ачылган кендүү жерлерди (орусча-месторождение) казып, андан чыккан кендерди байытып, аны андан ары пайдаланууга чейин жеткире иштете турган Ак-Түз тоо-кен мекемеси курулган. Ал Улуу Ата-Мекендик (УАМ) согуш учурунда (1943-ж.) курулуп бүтүп, 50 жылдай толук кандуу иштеп, анан 1995-жылы ишин токтоткон. Бирок, анын иши токтогону менен, ошол жылдан баштап эле ал жерде Ак-Түз кендигинен калган өндүрүш объекттерин, эскилигине карабастан оңдоп-түзөп алышып, өзүлөрүнүн Ак-Түзгө жакын жерлерде жайгашкан кендерин өздөштүрүүдө пайдаланып, ар кайсы жылдарда бири келип, бири кетип атып, тоо-кен өндүрүштөрүн жүргүзүп келе жаткан бир нече чет элдик жеке менчик компаниялар бүгүнкү күнгө чейин иштешүүдө [11, 12].

Кичи-Кемин өрөөнү өзүнүн жогорку жагында жайгашкан кендүү талаалардын эсебинен эбактан (геологиялык убакыт ченеми боюнча жүздөгөн миллион жылдардан) бери эле табигый физика-механикалык жана геохимиялык булганууга дуушар болуп келгени аз болгонсуп, жогоруда аталган тоо-кен ишканалардын ал жерде ондогон (80 жылга жакын) жылдар бою иштешинен улам такай техногендик булганууларга да дуушар болуп келген. Себеби, ал кездерде андай булгануулар жөнүндө ойлонуп, аларга көңүл буруп, издеп таап,

изилдеп, баа берип, аймактын булганып жатканына каршы тиешелүү чараларды көрүү мындай турсун, “экология” деген эмне экенин көпчүлүк толук биле да элек болчу, ага согуш учурундагы жана андан кийинки оор кырдаалдарда эч ким көңүл бурган эмес. Ал кездерде эң биринчи орунда “планды аткаруу” деген гана маселе турганы белгилүү эмеспи [1,3,11,12]. Натыйжада өрөөн такай булгангандан булгана берген. Ал эми эң чоң техногендик булгануу 1964-жылы 14-декабрда болгон [3,6,7,9,13]. Ошондо Ак-Түз кендигинин №2 калдык сактагычынын (к/с) тосмосунун (дамбасынын) кырсык (авария) болуп жарылып кеткенинен, анда топтолуп турган, көлөмү 680 миң м<sup>3</sup> болгон, ичинде ар кандай зыяндуу заттар (белгилүү оор металлдар, андан башка да бир топ зыяндуу химиялык элементтер, алардын ичинде бөтөнчө коркунучтуу радиоактивдүү (радиоэпкиндүү) элементтер ж.б.) аралашкан шлам сыяктуу агылма кум түрүндөгү өндүрүш калдыктары агып чыгып, Кичи-Кемин дарыясына кошулуп, бир далай суюктанып алып, өзөндү бойлоп коркунучтуу сел болуп жүрүп отуруп, капчыгайдын кууш жеринен катуу ылдамдык менен агып чыгып, дарыянын I-II тектирлерин (террасаларын), алардын үстүндө жайгашкан айылдарды бүт каптап өтүп, өзөндү бойлото жазылыгы 200-250 метрден 1500 метрге, узундугу 25 километрге жеткен жер тилкесин өтө булгаган [1,9,12]. Кырсыктын өзүн жана анын кесепеттерин өз көзү менен көргөн тургундардын айтууларынча ошондо агып келген калдыктын калыңдыгы 60-80 сантиметрге жеткен.

Жергиликтүү элдин чочулоолорун алдын алуу үчүн, кооптонууларын басаңдатуу жана алардын көңүлдөрүн тынчытуу максатында жогорку бийликтер тарабынан дароо 17-декабрдан тарта оор техникаларды пайдалануу менен тазалоо иштери жүргүзүлөт, бирок сапатсыз [2,6,10].

“Калк айтса-калп айтпайт”, кырсык окуясына күбө болгон жергиликтүү тургундардын айтууларынча, агып келген өндүрүш калдыктары анчалык калың эмес (<15-20 см) болгон тегиз жерлерди соколуу тракторлор менен каңтара айдатып, калдыктарды көмүп, көзгө көрүнгүс кылып салган учурлар да болгон экен.

Бул кырсыктан келип чыккан экологиялык абал Кичи-Кемин өрөөнүндө өтө курч жана коркунучтуу болгондуктан [2,6,7,10], тазалоо иштери шашылыш жүргүзүлгөн (сурамжылоодон алынган маалымат боюнча), натыйжада жер бетинин ойдуң жерлеринде, уңкур-чункурларда, дегеле тегиз эмес жерлерде, арык-алыштарда, Кичи-Кемин дарыясынын эски нуктарында, кээ бир жеке үйлөрдүн, чарбалык курулуштардын жергөлөлөрүндө калдыктар көп учурларда ачык эле кала берген. Ал калдыктардын бүгүнкү күнгө чейин деле көп жерлерде ачык жатканына биз өзүбүз да күбөбүз [12,13]. Ачык жатабы, көмүлүп жатабы, баары бир, бул калдыктар жалгыз эле адамдардын ден-соолугуна эмес, бүт эле жандыктарга, экологияга өтө терс таасир этүүчү потенциалдуу коркунуч экени түшүнүктүү эле го.

Кичи-Кемин өрөөнүндөгү мына ушундай өтө кооптуу экологиялык абалды тыкыр изилдеп, ага илимий жактан баа берүү максатында биз 2018-жылдан бери Кичи-Кемин өрөөнүндө илим-изилдөө иштерин жүргүзүп келатабыз.

Албетте, бүт өрөөндүн экологиялык абалына баа берүү үчүн комплекстүү лито-, гидро- жана биогеохимиялык изилдөөлөр жүргүзүлүшү керек. Бирок андай иштерди аткарганга 1 лабораториянын чамасы жетпейт эле, ошондуктан биз башкача жол издедик. Акыры, жогоруда коюлган максатка жетиш үчүн Кичи-Кемин өрөөнүндө Ак-Түз кендиги, ал токтогондон кийин анын ордунда өздөрүнүн тоо-кен иштерин жүргүзгөн бир нече чет элдик жеке компаниялар иштеп турган, узактыгы 80 жылга жакын мезгилдерде (1943-2019-жылдарда), ошол өрөөндө жашап жүрүп өлгөн адамдардын ар бир жылдык санынын хронология боюнча өзгөрүүсүн илим-изилдөө тажрыйбасында биринчи жолу иликтөө ыкмасы табылды [11,12].

Айта кетсек, бул ыкманын башкалардан артыкчылыгы-анын рационалдуулугу, эффективдүүлүгү, маалыматтуулугу жана жөнөкөй элдин айтуусунча “тишинин кирин соргон академиктер” үчүн өтө арзандыгы.

Баштапкы (биринчи) фактматериал катарында Кичи-Кемин өрөөнүндө жайгашкан айылдардын баардык көрүстөндөрү боюнча ал жерде коюлган өлгөндөрдүн фамилиясы, аты-

жөнү, туулган жана өлгөн жылдары катталып, төрт жарым миңден ашык маалымат жыйналды. Ушул маалыматтардын негизинде ар бир айыл үчүн өзүнчө-өзүнчө ошол айылдык өлгөндөрдүн ар бир жылдык санынын акыркы 75-80 жылдар (1943-2019-ж.ж.) аралыгындагы өзгөрүү диаграммалары (д/г) түзүлдү [11,12]. Өрөөндө жайгашкан баардык айылдардын диаграммалары жалпысынан окшош эле болуп чыкты. Баардыгында тең эле адам өлүмүнүн 1960-жылдардын аягынан тарта 1990-ж.ж. чейин акырындап көбөйө башташы, бирок андан ары ошол жеткен деңгээлде бир калыпта турганы байкалат. Диаграммалар сүрөтү жагынан окшош болгону менен, өлгөндөрдүн жылдык сандары боюнча бири-биринен бир топ эле айырмаланып турушат. Айырмалар, биринчиден, айылдын элинин санына жараша пропорционалдуу болсо, экинчиден, айылдын аймагынын Ак-Түздүн №2 к/с-да болгон кырсыктан улам булгануу деңгээлине жараша экени көрүнүп турат. Катуу булганган айылдарда өлүмдүн саны бир топ эсе көп экени дароо байкалат. Эми алардын ичинен, мисалга, жогоруда айтылган Ак-Түз кендигинин №2 к/с-да болгон кырсыктын кесепеттерине катуу кабылган Кичи-Кемин (д/г №1) жана Боролдой (д/г №2) айылдарынын диаграммаларын келтирелик. Диаграммаларда көрүнүп тургандай, 2 айылда тең жылыга өлгөндөрдүн саны 1964-1965-жылдардан тарта 1990-жылдарга чейин такай өсө баштап, орточо табигый деңгээлден (КРдин Улуттук статистика комитетинин интернеттеги сайтындагы маалыматка караганда Республика боюнча-6-7 киши) көп эсе жогору деңгээлге (25-30 кишиге!) жеткени жана андан ары-1990-2019-жылдары ошол эле максималдуу табигый эмес бийик деңгээлде бир калыпта турганы байкалат.

Бул факт төмөндө келтирилген цитатадагы жыйынтыктарга абдан окшош экенин белгилеп кетишибиз керек: “Многочисленными исследованиями влияния радия и продуктов его распада ( $Ra^{222}$  и др.) на организм человека в США, Чехословакии, ГДР было установлено, что последствия воздействия радия на здоровье людей проявляются через 20-30 лет после начала воздействия (облучения). Кроме того, было обосновано, что заболевания костных тканей связаны с достаточно низкими, но продолжительными порциями облучения радием” [4, стр.61].

Ушул факттар №2 к/с-та болгон кырсыктын кесепеттери Кичи-Кемин өрөөнүндө жашаган адамдардын ден-соолугуна түздөн-түз таасир эткенин жана бүгүнкү күнгө чейин терс таасирин тийгизип келатканын, анын натыйжасында өрөөндө адам өлүмүнүн көбөйүшүн жана дале көп санда болуп жатканын билдирет.

Мындай жыйынтыкты салыштырма ыкмасы менен тастыктоо үчүн Кичи-Кемин өрөөнүндөгү айылдардагыдай эле иштерди Кичи-Кеминден 50км аралыкта (узакта) жайгашкан, аны менен эч кандай аба агымы, же суу аркылуу, же техногендик байланышы жок, Ысык-Ата районуна караштуу Юрьевка айылында жүргүзүп, анын да д/г.-сын түздүк (д/г №3). Бул айылды биз апрордук таза айыл катарында салыштыруу үчүн алганбыз [11,12].

Эми бул №3 д/г-га кайрылалы. Диаграммада көрүнүп тургандай, 1942-1963-жылдарда Юрьевка айылы боюнча жылыга өлгөндөрдүн саны 0-1 ден 2-3 кишиге чейин экен. Мындай табигый деңгээлден да аз санды Улуу Ата-Мекендик (УАМ) согуш жылдарында айылдагы элдин санынын азайышынан десек болот. Ал эми кийинки 5 жыл аралыгындагы өлгөндөрдүн жылдык санынын 3-4 кишиге жеткенин айылдын элинин санынын УАМ согуштан кийин, анын кесепеттерин жоюу жана жалпы эл чарбасын кайра калыбына келтирүү мезгилинде бир аз өсүшү менен байланыштырсак болот.

1960-жылдардын аягынан баштап Юрьевка айылында жылыга өлгөндөрдүн орточо саны 7-8 кишиге жетип, андан аркы 50-55 жылдын ичинде бир калыпта турганы—бул элинин саны 4 миң кишиге жакын болгон чоң айыл үчүн табигый эле көрүнүш экени талашсыз. Демек, Юрьевка айылын салыштырууга жарай турган апрордуу айыл экенин таанысак болот. Бул айылда Кичи-Кемин өрөөнүндөгү айылдардагыдай, б.а. Ак-Түз кендигинин №2 к/с-ында болгон кырсыктан кийинкидей, өзгөчө аномалдуу сүрөт байкабайт. Демек, Кичи-Кемин өрөөнүндө 1960-жылдардан баштап адам өлүмүнүн көбөйгөнү факт экени

тастыкталды десек болот. Ал эми бул факт, өз кезегинде, өлүмдүн көбөйүшү түздөн-түз Ак-Түз кендигинин №2 к/с-ында болгон кырсыктын кесепеттеринен экенин көрсөтүп турат.

### Жыйынтык

1. Кичи-Кемин өрөөнүндө жашаган адамдардын ден-соолугунун 1960-жылдардан тарта кескин начарлашынан улам, адам өлүмүнүн 3-4 эсе көбөйүшүнө 1964-жылдын 14-декабрында Ак-Түз кендигинин №2 калдык сактагычында болгон катастрофалык кырсыктын кесепеттери түздөн-түз таасир эткени аныкталды.
2. Кырсыктан кийин зыяндуу өндүрүш калдыктары каптаган аймактарда бүгүнкү күнгө чейин ошол калдыктардын “калдыктары” көп жерлерде ачык эле жер бетинде деле, жер астында көмүлгөн бойдон деле сакталып жатканы өрөөндүн экологиясына, анын ичинде, биринчи ирет, адамдардын ден-соолугуна потенциалдуу коркунуч экенин айтпасак болбойт.
3. Кичи-Кемин өрөөнүндө узак жылдар бою иштеген Ак-Түз кендигинин адамдардын ден-соолугуна тийгизген терс таасирин аныктоо максатында ал иштеп турган мезгилдерде ошол өрөөндө жашап жүрүп өлгөндөрдүн ар бир жылдык санынын хронологиялык өзгөрүүсүн тыкыр иликтөө ыкмасы пайдаланылды. Бул ыкма өтө ыңгайлуу, жөнөкөй, арзан жана ишенимдүү ыкма катарында Кичи-Кемин өрөөнүндөгүдөй экологиялык шарттарда жана учурларда пайдаланууга сунушталат.
4. Биздин изилдөөлөрүбүздүн негизинде Кичи-Кемин өрөөнүндө экологиялык абал бүгүнкү күнгө чейин өтө кооптуу жана курч бойдон экени тастыкталды десек болот.

### Адабияттар тизмеси

а) ачык жарыялангандар:

1. Аманов, К.А. Экологические последствия разработки Ак-Тюзской группы месторождений в Кеминском районе Кыргызской Республики / К.А.Аманов, К.А. Кожобаев К.А., Молдогазиева Г.Т., Касиев А.К. Матер.межд.конфер. “Геодинамика, оруденение и геозкологические проблемы Тянь-Шаня”. Бишкек: Илим, 2013.–266с, стр.28-35.
2. Аманов К.А., Касиев А.К. Молдогазиева Г.Т., Кожобаев К.А. Влияние деятельности горнопромышленных комплексов на окружающую природную среду и на здоровье людей (на примере Кыргызского горно-металлургического комбината). Матер.межд.науч.-практ.конфер. “Совершенствование прогнозирования и управления стихийными бедствиями”. Бишкек: 2016, стр.104-108.
3. Боконбаев К.Дж., Грошев А.К., Детыненко Л.А. и др. Техногенная геохимия Кичи-Кеминской долины. Журнал “Геохимия” АН СССР. М:1991, №7, стр.1004-1013.
4. Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Лосев В.А. Радиационная экология Майлуу-Суу. Бишкек: Илим, 2000. –96с., стр.61.
5. Боконбаев К.Дж. Экологические проблемы горнорудного производства Кыргызской Республики. Горный журнал. Алматы, 2001, №10, стр.95-99.
6. Кожобаев К.А. Основные геозкологические проблемы Кыргызской Республики. Журнал “Геозкология”. М.: Наука, 2004, №1, стр.33-40.
7. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2001. –182с., стр.134, табл.6.4.
8. Торгоев И.А. Геозкологический мониторинг при освоении ресурсов гор Кыргызстана. Экспонента. Бишкек: 2000. –202с.
9. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геозкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2009 –239с.

б) фонддогулар

10. Отчет (заключительный) о научно-исследовательской работе за 2004-2006 г.г. по теме «Исследование негативных геолого-геозкологических процессов отдельных участков Чуйской и Иссык-Кульской впадин и разработка рекомендаций». (Исполнители: Кожобаев

К.А., Аманов К.А., Утиров Ч.У., Санькова В.П., Молдогазиева Г.Т., Карамышева Н.Ч., Атыкенова Э.Э.). Бишкек: 2006. Том 1. –223с. Фонды Института геологии НАН КР.

11. Отчет (промежуточный) по научно-исследовательской работе за 2018г. по теме «Геоэкологическое состояние отдельных проблемных территорий: бассейны рек Ала-Арча, Аламедин, Жумгал, крайняя восточная часть Чуйской впадины». (Исполнители: Кожобаев К.А., Аманов К.А., Санькова В.П., Утиров Ч.У., Молдогазиева Г.Т., Касиев А.К.). Бишкек, 2018. –116с. Фонды Института геологии НАН КР.

12. Отчет (окончательный) о научно-исследовательской работе за 2018-2020 г.г. по разделу «Геоэкологическое состояние отдельных проблемных территорий: бассейны рек Ала-Арча, Аламедин, Жумгал, крайняя восточная часть Чуйской впадины». (Исполнители: Кожобаев К.А., Аманов К.А., Санькова В.П., Утиров Ч.У., Молдогазиева Г.Т., Касиев А.К.). Бишкек: 2020. –153с. Фонды Института геологии НАН КР.

*Макала толугу менен авторлордун өзүлөрү гана  
чогулткан алгачкы материалдардын  
негизинде жазылды.*

**К.А. Андреева<sup>1</sup>, А.А. Васильева<sup>2</sup>, А.Г. Васьков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>-Улуттук изилдөө университети, Москва энергетикалык институту,

Москва, Россия Федерациясы

<sup>1</sup>ORCID: 0009-0000-4666-6623

<sup>2</sup>ORCID: 0009-0001-7922-0801

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-4664-8008

<sup>1,2,3</sup> Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт, Москва, Российская Федерация

**К.А. Andreeva, A.A. Vasileva, A.G. Vaskov**

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow,

Russian Federation

*e-mail:* AndreevaXA@mpei.ru, VasilyevaAAI@mpei.ru. VaskovAG@mpei.ru

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

### **УЧУРДАГЫ КҮН-ДИЗЕЛДИК КОМПЛЕКСТЕРДИН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ ЖОЛДОРУ**

### **METHODS OF AMELIORATING THE EFFICIENCY OF EXISTING SOLAR- DIESEL COMPLEXES**

*Макалада учурдагы күн-дизелдик комплекстерде дизелдик отундун керектөөсүн азайтуу жолдору сүрөттөлөт. Күн-дизель комплексинин компоненттеринин – топтагучтардын жана дизель-генераторлордун иштөөсүнө коюлган чектөөлөр кеңири каралды.*

*Изилдөө Россия Федерациясынын илим жана жогорку билим берүү министрлигинин ОСП-2022-0006 грантынын колдоосу менен "күн-дизелдик комплекстерди башкаруу системалары" долбоорунун алкагында жүргүзүлдү.*

**Түйүндүү сөздөр:** күн-дизелдик комплекси, натыйжалуулугу, күйүүчү майдын салыштырмалуу чыгымы, энергияны сактоо тутуму.

*В статье описываются способы снижения расхода дизельного топлива на существующих солнечно-дизельных комплексах. Подробно рассмотрены ограничения, накладываемые на работу компонентов солнечно-дизельного комплекса – накопителей и дизель-генераторов. Исследование проводилось в рамках проекта "Системы управления солнечно-дизельными комплексами" при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FSWF-2022-0006.*

**Ключевые слова:** солнечно-дизельный комплекс, эффективность, удельный расход топлива, системы накопления энергии.

*The article describes methods of diesel fuel consumption reduction at existing solar-diesel complexes. The restrictions on work of solar-diesel complex like energy storage system and diesel generators are considered in detail.*

**Key words:** solar-diesel complex, efficiency, special fuel consumption, energy storage systems.

**Введение.** Две трети территории России не подключены к централизованному электроснабжению. Электроэнергией и теплом потребителей данных территорий

обеспечивает распределённая генерация. В России это около 49 тысяч различных электростанций, из которых более 98% составляют дизельные электростанции (ДЭС) [1].

Основной проблемой данного типа генерации является высокая стоимость горючего, плохие показатели удельного расхода топлива (то есть отношения потраченного топлива к произведённой отпущенной электроэнергии), что происходит из-за устаревшего оборудования, его неправильного выбора или эксплуатации. Для повышения эффективности работы существующих ДЭС можно пойти несколькими путями. Например, можно провести модернизацию ДЭС. В данном случае под модернизацией подразумевается не только замена старого генерирующего оборудования более современным, но и внедрение в локальную энергетическую систему генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Пример структурной схемы комплекса, образованного в результате добавления солнечной электростанции к дизельной представлен на рисунке 1.

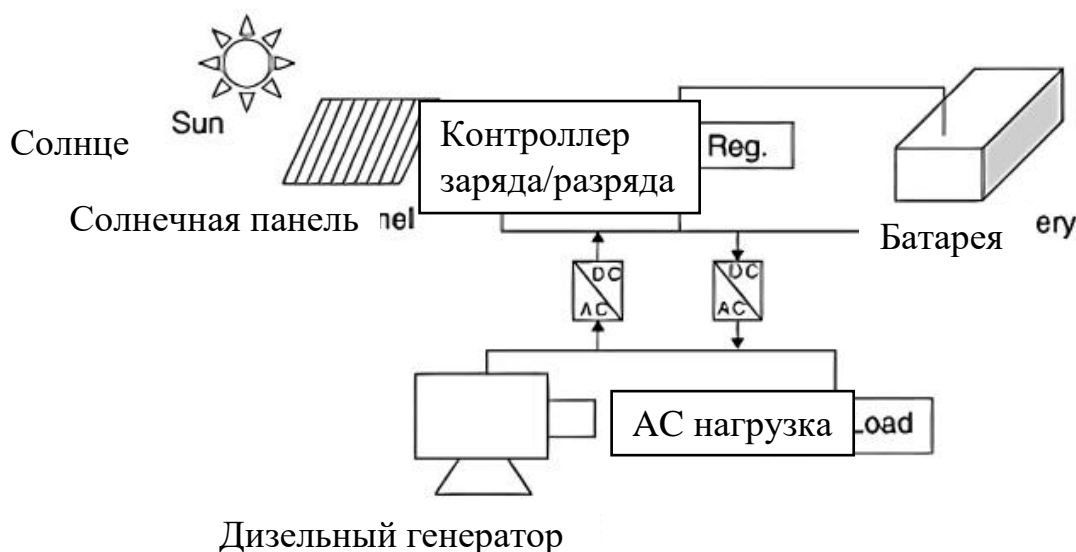


Рис. 1. Структурная схема солнечно-дизельного комплекса [2]

**Целесообразность введения ВИЭ генерации.** Эффект от внедрения электростанции на базе ВИЭ показан на примере двух сёл, находящихся в Якутии, с похожими географическими и климатическими характеристиками, а также примерно одинаковыми объёмами производства электроэнергии и населением (рисунок 2). Данные были получены из таблиц на сайте Министерства энергетики России [3]. Как видно из таблицы 1, совместная генерация с солнечными электростанциями (СЭС) даже малой мощности (в данном случае её установленная мощность равна 20 кВт) позволяет достичь значительного снижения затрат на топливо, а также снижения удельного расхода условного топлива.

Таблица 1 - Эффект внедрения ВИЭ генерации на примере двух посёлков в Республике Саха [3].

Населённый пункт	Состав оборудования	Объём производства электроэнергии, тыс. кВт*ч	Расход топлива на производство электроэнергии, тонн	УРУТ, г у.т./кВт*ч	Цена топлива за 1 тонну без НДС, руб
с. Ойусардах	ДЭС	503	142.93	435.1	67 727.84
с. Куберганя	ДЭС + СЭС	492	134.648	413.5	56 815.55
Разница, %		-2.19	-5.79	-4.96	-16.11



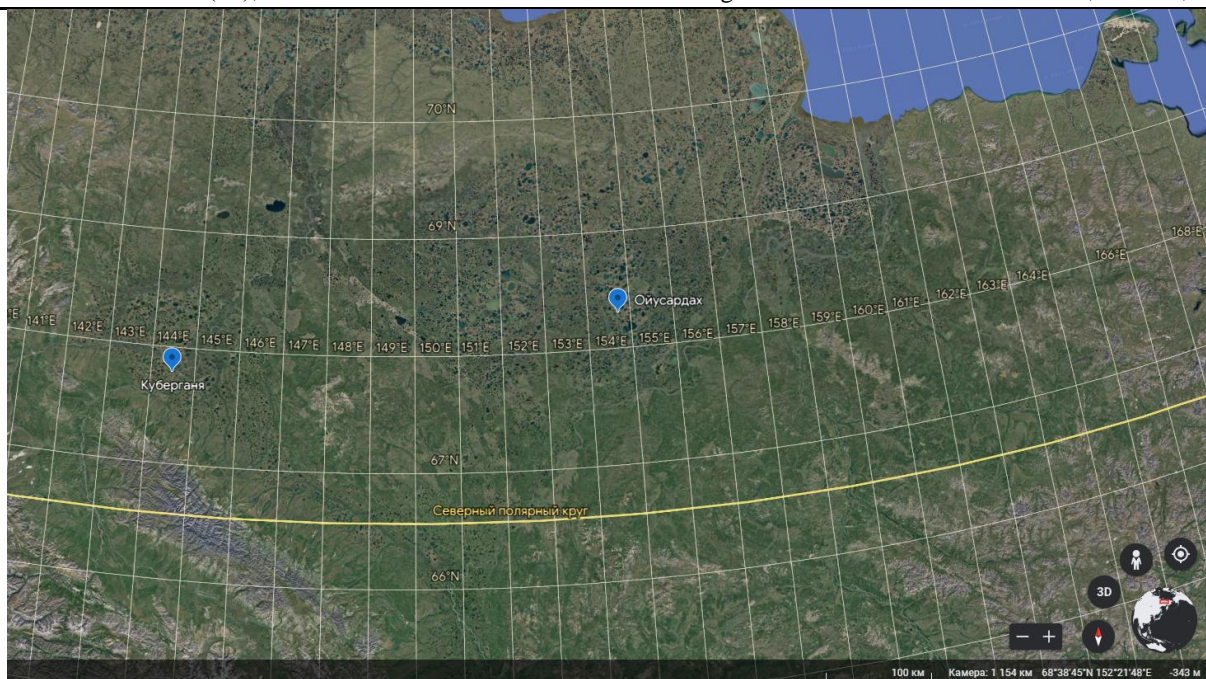


Рис. 2. Посёлки на карте [4]

Обычно повышение удельного расхода условного топлива связано со снижением технико-экономических показателей электростанций. Также увеличение значения УРУТ в первую очередь влияет на себестоимость электроэнергии, более того, показатели удельного расхода условного топлива имеют высокие значения, что отражает топливную неэффективность. Наиболее оптимальное значение удельного расхода условного топлива варьируется от 220 до 300 г./кВт·ч [5]. В данном варианте небольшое внедрение СЭС снизило УРУТ, но он все еще не находится в оптимальных пределах.

Как указано в 73 пункте 6 главы Приказа №323 Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии от 30 декабря 2008 [6]: «Изменение индивидуального норматива расхода топлива в связи с работой ДГ на нагрузках, отличных от номинальных, принимается по паспортной документации ДГ, либо по результатам испытаний ДГ. В отсутствие указанных данных показатель изменения индивидуального норматива расхода топлива дизелем допускается временно до проведения испытаний принимать путем введения режимного коэффициента  $K_{реж}$ ».

$$K_{реж\ i} = 0.9 + \frac{0.1}{\left(\frac{N_{\phi i}}{N_{ном i}}\right)},$$

где  $N_{\phi i}$  – средняя прогнозируемая нагрузка  $i$ -тым ДГ за соответствующий период [кВт],  $N_{ном i}$  – паспортная мощность  $i$ -того ДГ [кВт].

Для определения УРУТ могут быть использованы экспериментальные показания, а также проведены расчеты по трем различным методикам. Так, например, первый расчет основывается на методике Минэнерго [6]:

$$b_i^{ДГУ} = b_{ном i}^{ДГУ} \cdot K_{реж\ i} \cdot \frac{Q_p^H}{7000},$$

где  $Q_p^H = 10180$  ккал/кг – теплота сгорания топлива,  $b_{ном i}^{ДГУ} = b_{ном\ д} \cdot \eta_{ном\ г}$ , [г/(кВт·ч)] – показатель расхода топлива ДГ по паспорту (в технических условиях),  $b_{ном\ д}$  – показатель расхода топлива по дизелю,  $\eta_{ном\ г}$  – КПД генератора.

Оставшиеся два расчета основаны на методиках, предоставленными компанией АО Лонмади [7]. В первом способе используются следующие формулы:



$$b = \frac{1.36 \cdot H \cdot C \cdot g_{\text{НОМ}}}{\eta_{\Gamma}} + \frac{B_x}{\mathcal{E}},$$

где  $g_{\text{в}}$  – удельный расход топлива при номинальной мощности в 75% (по паспорту),  $H$  – коэффициент, учитывающий нагрузку,  $C$  – коэффициент изношенности двигателя,  $\eta_{\Gamma}$  – КПД генератора в зависимости от режима работы,  $\mathcal{E}$  – планируемая выработка электроэнергии [кВт/ч],  $B_x = 0.15 \cdot N_{\text{НОМ}} \cdot g_{\text{НОМ}} \cdot K_x \cdot C \cdot n$  – расход топлива установки на холостом ходу ( $N_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность генератора [л.с.],  $K_x = 0.21$  – коэффициент расхода на холостом ходу для ДГУ мощностью менее 1000 л.с.,  $n$  – планируемое число запусков двигателя).

Второй способ расчета:

$$b = \frac{1.05 \cdot K \cdot g_{\text{НОМ}}}{\eta_{\Gamma}} + \frac{1.05 \cdot K_x \cdot g_{\text{НОМ}} \cdot N_{\text{НОМ}} \cdot 0.15}{\mathcal{E}},$$

где  $K = 0.87 + 0.13 \cdot N_{\text{НОМ}} N_{\text{ср}}$  – коэффициент, учитывающий увеличение расхода из-за колебания нагрузки.

Среднее значение относительной погрешности для каждой методики расчета определяется по формуле:

$$\delta = \frac{|A - X|}{X},$$

где  $A$  – рассчитанное значение,  $X$  – среднее значение.

В диапазоне нормальных рабочих нагрузок от 50 до 100% среднее значение относительной погрешности соответственно равны: 3.23% для методики Минэнерго; 5.4% и 6.86 % для 1 и 2 методики Лонмади. Следовательно, для теоретического подсчета УРУТ, целесообразнее пользоваться методикой Минэнерго [6].

**Внутростанционная оптимизация ДЭС.** Теоретически удельный расход можно представить в виде кривых, примерный вид которых показан на рисунке 3.

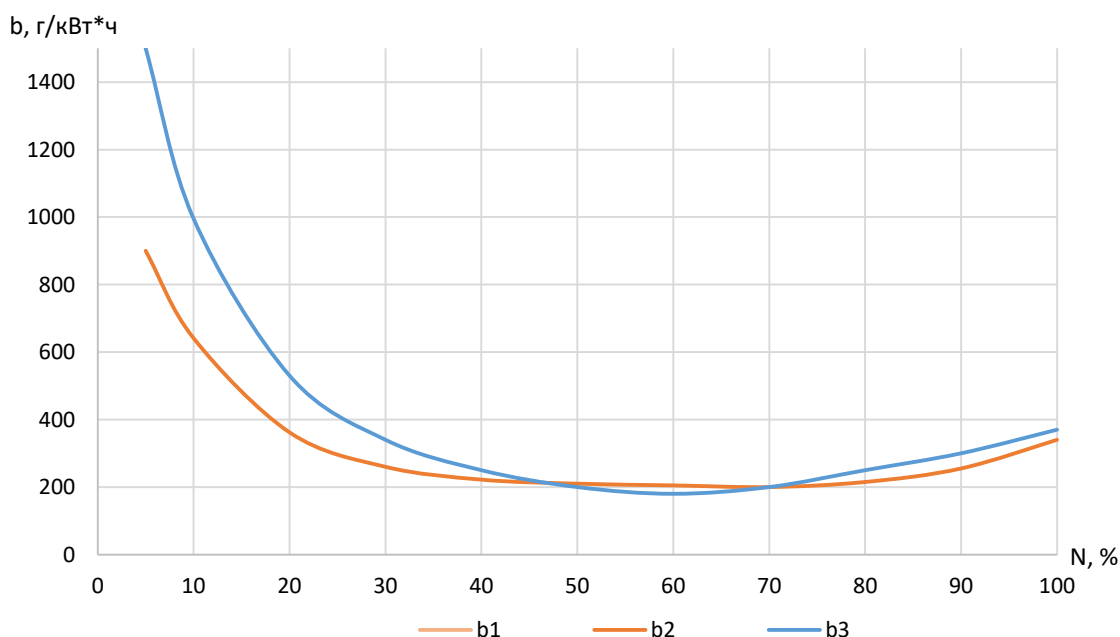


Рис. 3. Теоретический вид кривой удельного расхода дизельного топлива

Данные кривые не сняты с реальной модели и не рассчитаны на основе паспортных данных, а представлены только для наглядности. В диапазоне от 0% до 25 – 30% от номинальной нагрузки дизель-генераторной установки (ДГУ) скорость изменения функции, описывающей характеристику, заметно отличается от остальной части. Ось  $y$  является асимптотой для графиков. Как было сказано ранее, удельный расход показывает, сколько затрачено топлива на произведённый кВт\*ч, а если произведено 0 кВт\*ч, удельный расход

устремляется в бесконечность. Кроме неоптимального удельного расхода топлива, данный диапазон мощностей не рекомендован по физическим причинам – на низких мощностях топливо плохо сгорает, цилиндры закоксовываются (образуется нагар в виде углерода, что повышает возможность повреждения), происходит повышенный износ установки.

Итак, имеющиеся характеристики описывают изменение удельного расхода дизельного топлива для 3 разных агрегатов. Рассмотрим пример загрузки ДГУ. Предположим, необходимо нагрузить так, чтобы выдаваемая в сеть мощность равнялась 210 кВт. Это можно сделать двумя способами.

В первом случае загрузка производится равномерно. Такой способ в основном и используется на реальных ДЭС. Среднее значение удельного расхода дизельного топлива, которое обязано быть учтено на ДЭС, в таком случае равно примерно 208 г/кВт\*ч (рис. 4).

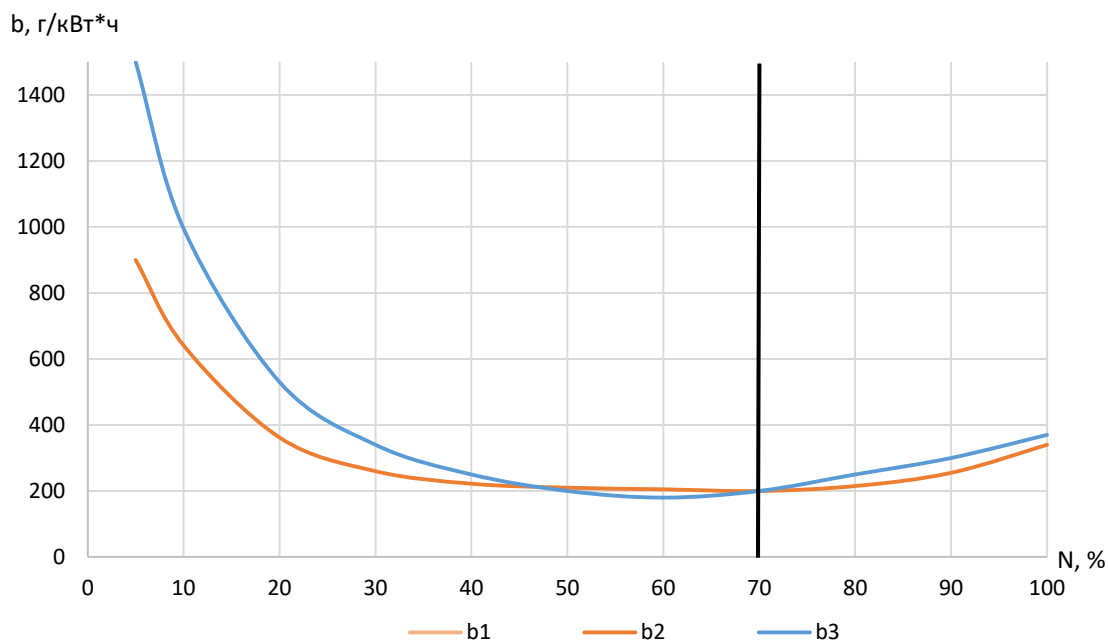


Рис.4. Равномерная загрузка дизель-генераторов

Во втором же случае (рисунок 5) подбирается решение, оптимальное с точки зрения характеристики удельного расхода. Данная задача была решена графически. Как видно, среднее значение удельного расхода снизилось примерно на 3%, хотя изменился только способ загрузки ДГУ.

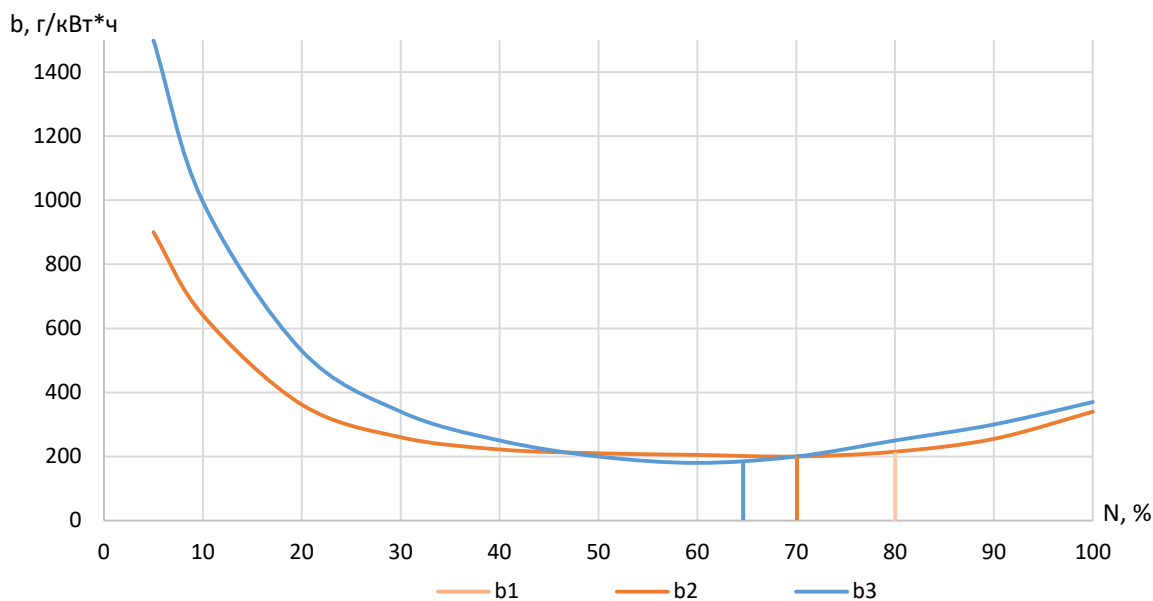


Рис. 5. Оптимальное решение

**Влияние СНЭ на эффективность работы СДК.** Нагрузка от потребителя может быть достаточно переменчива в различные периоды времени, поэтому обычные генераторы не всегда эффективно обеспечивают стабильность выдачи электроэнергии. При наличии частых и кратковременных высоких нагрузках, использование ДГУ для покрытия таких пиков не считается благоприятным, так как это может пагубно сказаться на работе и состоянии ДГУ. Также, как было сказано ранее, при низких нагрузках повышается удельный расход топлива, аварийность и износ установки.

Введение в состав СДК системы накопления энергии, обладающей внутренней способностью перераспределять энергию во времени, позволит снизить «свободную энергию» от стохастической выработки СЭС, потребляя излишки энергии в часы минимума нагрузки и покрытие пиков запасенной энергией. Структура и параметры СНЭ выбирается с учётом особенностей конкретного проекта.

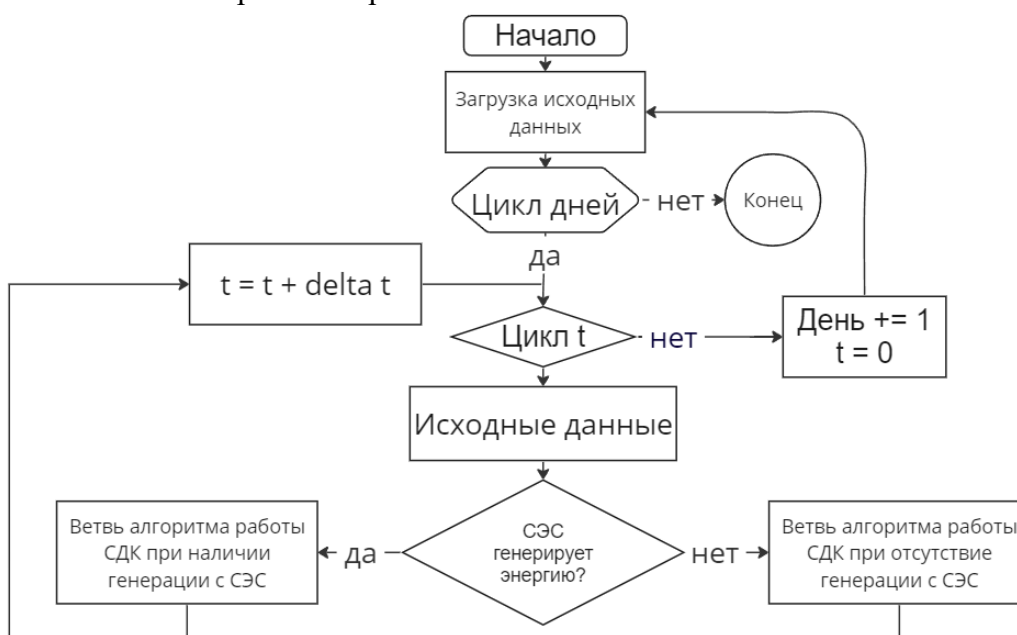


Рис. 6. Блок-схема алгоритма работы СДК

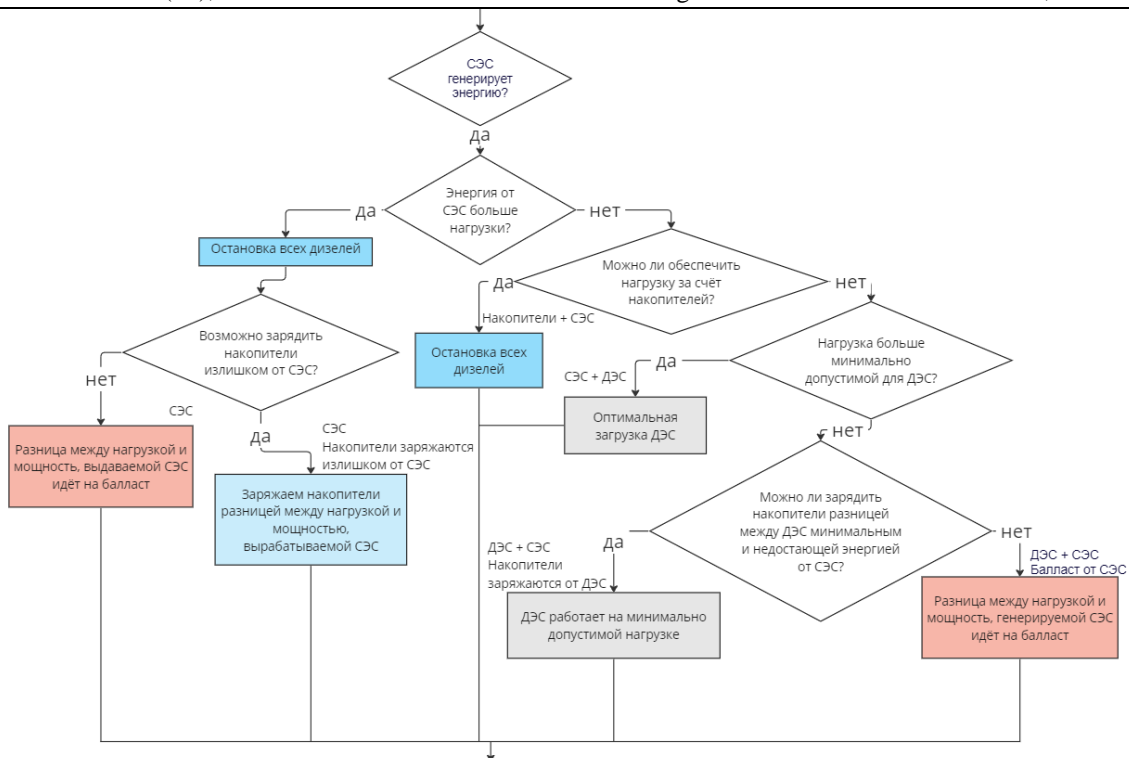


Рис. 7. Ветвь работы СДК при наличии генерации с СЭС

Однако, для корректного учета работы СНЭ необходимо помнить о ряде ограничений. Со стороны самой батареи – это емкость, а также характеристики заряда и разряда батареи. Эти параметры дают понять сколько и какими токами мы можем передавать энергию из аккумулятора и в аккумулятор. Также надо учитывать и ограничения по инвертору, так как его пропускная мощность также не позволяет нам использовать слишком большие токи и мощности при эксплуатации батареи.

На рисунках 6-8 представлена блок-схема алгоритма для управления работой СДК. В ней учтены и ограничения на работу накопителей, и оптимизация загрузки ДГУ. Рассмотрим данный алгоритм по фрагментам.



### Список литературы

1. Васьков, А.Г. et al. Системы управления солнечно-дизельными комплексами по теме: Разработка математической и имитационной модели солнечно-дизельного комплекса: Отчет о научно-исследовательской работе. - Москва: НИУ “МЭИ” НИЛ “СУ СДК,” 2022. Р. 175.
2. Bala B., Siddique S.A. Optimal design of a PV-diesel hybrid system for electrification of an isolated island—Sandwip in Bangladesh using genetic algorithm // Energy for Sustainable Development. 2009. Vol. 13, № 3. P. 137–142.
3. Модернизация объектов генерации в изолированных и труднодоступных территориях [Министерство энергетики РФ [Electronic resource]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/16540> (accessed: 06.04.2023). Google Earth [Electronic resource]. URL: <https://goo.su/gUo78W> (accessed: 06.04.2023).
4. Google Earth [Electronic resource]. URL: <https://goo.su/gUo78W> (accessed: 06.04.2023).
5. «Учетно-аналитические инструменты исследования экономики региона», (2015, Махачкала). Материалы II Всероссийской научно-практической конференции [Текст]: [посвящ. юбилею д. эк. н., проф. Н.Г. Гаджиева: материалы / редкол. Рабаданов М.Х. [и др.]. – Махачкала: Изд-во Даг. гос. ун-та, НИЦ «Апробация», 2016. – 434 с.
6. Приказ Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии от 30 декабря 2008 - docs.cntd.ru.
7. Как считается расход топлива дизельного генератора [Electronic resource]. URL: <https://www.jcbgenerators.ru/tekhnicheskaya-biblioteka/kak-schitaetsyaraskhod-topliva-dizelnogo-generatora.html> (accessed: 17.03.2023).
8. Как считается расход топлива дизельного генератора [Electronic resource]. URL: <https://www.jcbgenerators.ru/tekhnicheskaya-biblioteka/kak-schitaetsyaraskhod-topliva-dizelnogo-generatora.html> (accessed: 17.03.2023).

**ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ**

УДК 658.5

DOI:10.56634/16948335.2023.4.1873-1878

**С.А. Мешков<sup>1</sup>, И.В. Курочкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Российская Федерация  
<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Российская Федерация

**S.A. Meshkov<sup>1</sup>, I.V. Kurochkin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russian Federation  
<sup>2</sup>Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russian Federation  
*e-mail: ilyakur17@mail.ru, meshkov\_sa@voenmeh.ru*

**ПЕРЕХОД ОТ СЕРТИФИКАЦИИ К ИНСПЕКЦИИ КАК СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ РИСКОВ И УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОМПАНИЙ ПО СЕРТИФИКАЦИИ**

**СЕРТИФИКАЦИЯ ДАН ИНСПЕКЦИЯГА ӨТҮҮ ТОБОКЕЛЧИЛИКТИ АЗАЙТУУ ЖАНА СЕРТИФИКАЦИЯЛЫК КОМПАНИЯЛАРДЫН ӨНДҮРҮМДҮҮЛҮГҮН ЖОГОРУЛАТУУ ЖОЛУ КАТАРЫ**

**TRANSITION FROM CERTIFICATION TO INSPECTION AS A WAY TO REDUCE RISKS AND INCREASE PRODUCTIVITY OF CERTIFICATION COMPANIES**

*Макалада текшерүү жана сертификацияга байланыштуу маселелер каралат. Бул макаланын максаты - бул эки багыттын бири бирине ылайык келишин баалоо, бул эки багыттын өзгөчөлүктөрүн анализге алуу жана алардын жетишкендиктери менен кемчиликтерин салыштыруу, сертификациялоочу компаниялар текшерүүлөргө өтүүдөн кандай пайда көрөрүн түшүндүрүүгө аракет кылуу.*

**Түйүндүү сөздөр:** сертификация, инспекция, шайкештикти баалоо, шайкештик сертификаты, аккредитация.

*В статье исследованы вопросы, связанные с инспекцией и сертификацией. Целью данной статьи является сравнить два этих направления оценки соответствия, их плюсы и минусы, проанализировать особенности этих двух направлений и постараться объяснить, чем компаниям по сертификации поможет переход на инспекции.*

**Ключевые слова:** сертификация, инспекция, оценка соответствия, сертификат соответствия, аккредитация.

*The article explores issues related to inspection and certification. The purpose of this article is to compare these two areas of conformity assessment, their pros and cons, analyze the features of these two areas and try to explain how certification companies will benefit from the transition to inspections.*

**Key words:** certification, inspection, conformity assessment, conformity certificate, accreditation.

В начале стоит поговорить, что такое сертификация, инспекция и оценка соответствия и чем они отличаются друг от друга.

Сертификация – это проверка органом сертификации, что объект соответствует всем требованиям, представленным к нему.

Сертификация – всегда проводится третьей стороной. Это её главное отличие от иных способов проверки соответствия – декларирования соответствия, – осуществляемая первой стороной. Первая сторона – человек или компания, имеющая права на объект проверки; третья сторона – человек или компания не имеющие права на объект проверки и не заинтересованные в его приобретении[1].

Основная задача сертификации представляет собой предоставление сведений всем сторонам о том, что объект интереса этих сторон соответствует всем требованиям, применяемым к нему.

Оценка соответствия – проверка соответствия объекта требованиям, относящимся к нему.

В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17000-2012 (ISO/IEC 17000:2004) термин «оценка соответствия» определён как «доказательство того, что заданные требования к продукции, процессу, системе, лицу или органу, выполнены». Можно смело заявить, что определение было изменено и носит другой смысл в настоящее время.

При проведении оценки соответствия подтверждаются не все требования, а требования, представленные в какой-то отдельный момент времени, и показывают, только то, что объект соответствует им на момент проверки.

В оценке соответствия можно выделить три задачи: отбор, утверждение и осуществление проверки соответствия.

Инспекция – это способ проверки, товара, системы или любого другого объекта и проверка прохождения ими определённых требований[2].

Существует три вида таких инспекций: внутренняя, внутренняя с правом инспекции второй стороны, как правило, используемая в холдинговых структурах, и полностью независимая инспекция третьей стороны. Ещё нужно назвать нормы, которые установлены по отношению к органам инспекции в соответствии со стандартом ISO/IEC 17020. Орган инспекции в своей деятельности предоставляет сторонам, от имени которых он осуществляет деятельность, о соответствии inspected объекта всем заданным требованиям. Требованиями могут быть безопасность, качество, и т.д. Инспекция может быть применена к любой части цикла создания продукции. Результатом инспекции выступает подтверждение соответствия. Инспекция направлена на прямое соответствие объекта требованиям, а сертификация направлена на косвенное.

Теперь стоит поговорить о том, чем же отличаются сертификация и оценка соответствия.

Очень часто понятия «оценка соответствия» и «сертификация» принимают за одно и то же. В то время как это абсолютно отдельные понятия. Можно назвать по меньшей мере 3 свойства по которым они отличаются. Разберём каждое из них:

Сертификация является одним из шагов оценки соответствия и представляет собой проверку оценки соответствия.

Также оценка соответствия может быть направлена на проверку утверждения что испытуемый объект соответствует требованиям к нему.

Оценка соответствия может быть произведена каждой из трёх сторон по отношению к продукции, в то время как сертификацию может проводить только аккредитованный в системе аккредитации уполномоченный орган.

Обе системы могут быть использованы при проверке различных объектов, таких как:

- Товара;
- Процессу создания объектов;
- Сотрудникам;
- Системам менеджмента;
- Объектам, созданным в процесс производства.



На примере закона Российской Федерации, в котором прописано, что инспекция происходит только в определённых областях и не является обязательной повсеместно.

Получать обязательный сертификат соответствия на данный момент обязаны строительные и нефтеперерабатывающие компании.

На данный же момент начинают появляться компании, которые предлагают добровольную инспекцию продукции и уже выпускают свои стандарты, которые утверждаются росаккредитацией.

Одной из таких компаний является компания INTI которая на данный момент уже разработала более 40 стандартов соответствия и проводит сертификацию более чем в 100 компаниях, связанных с нефтеперерабатывающей отраслью[4].

Смотря на опыт данной компании, становится понятно, что данный способ сертификации является востребованным и может быть использован и другими компаниями в других областях.

Данная компания была основана в 2020 году, но за такой короткий срок уже стала ведущей в своей области и является серьёзным конкурентом компаний по сертификации и оценки соответствия, особенно в нынешней ситуации, когда множество компаний по сертификации потеряли международные аккредитации.

После объяснения понятий, о которых идёт речь в данной статье хочется остановиться поподробнее на том, как же происходит инспекция объекта и что для неё нужно.

Применение метода должно быть подчинено принятому в международной практике правилу – «один стандарт – одна оценка». Методы, используемые при инспекции, называются валидация и верификация. Верификация – подтверждение выполнения требований путем, изучения объективных свидетельств.

Для проведения инспекции -оценки соответствия- орган инспекции может использовать стандартизованные методы, документированные в виде национальных, межгосударственных и международных стандартов или регламентов или методических указаний и законодательных и подзаконных актов При выборе и внедрении стандартного метода в пределах целевой области его распространения проводят верификацию – процедуру документального подтверждения то, что орган инспекции может правильно применять метод для целевого назначения , при этом учитываются этапность, параметры, характеристики оценки, которые регламентированы в нормативной документации.

Если все проверки оказались положительными, то можно утверждать, что способы инспекции соответствуют требованиям и могут быть применены на практике и по их результатам может осуществляться контроль качества.

Валидация – подтверждение того, что органом инспекции установлены и выполнены, декларируемые параметры оценки, этапность характеристики подтверждают получение гарантированно достоверного и объективного результата, а поставленная цель оценки (предназначение метода, системы, комплекса, устройства и т.д.) достигнута. Валидировать – это значит выполнить действия, которые в соответствии с принципами оценки соответствия, доказывают, что определенные параметры оценки, процесс оценки, оборудование, сырье, деятельность или система действительно приводят к ожидаемым результатам

При валидации методов оценки соответствия (метод осуществления экспертиз) это изучение влияния человеческого фактора на результат процесса, в основном для этого используют несколько методов сразу, вот наиболее часто используемые:

– Методы карандаша и бумаги (наблюдений за реальным выполнением работ, решение: простым ранжированием - принять /отклонить) (использовании проверочного листа для верификации того, что конструкция оценки соответствует определенным критериям).

– Методы наблюдений (это метод "все обойти/все описать". Данный метод подразумевает под собой изучение деятельности исполнителей.

– Методы экспертных оценок (Метод Дельфи: процедура оценки методологии с целью достижения согласованности мнений экспертов. Эту процедуру используют для оценки адекватности "человек-система". Метод полагается на заполнение анкет экспертами, которые потом будут проверены и проанализированы

– экспериментальные методы данный метод основан на абсолютном контроле всех отклонений с использованием большой группы испытателей и оборудования.

Инспекции создают возможность государству и потребителям уменьшить, риски недостоверной информации, а также контролировать уровень компетенции инспекторов.

Стоит заметить, что в России вопрос такого перехода ставился ещё в 2017 году так, в рамках НРБ (Неделя российского бизнеса) прошла конференция «Стандартизация и оценка соответствия как инструменты защиты интересов бизнеса» основной темой данной конференции стала стандартизация и оценка соответствия. В приветственном слове А.Н. Шохин сказал: «Стандартизация и оценка соответствия это – ключевые компоненты современной промышленной политики, которые, в частности, призваны обеспечивать защиту интересов добросовестного бизнеса[3].

Комитет РСПП (Российский союз промышленников и предпринимателей) по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия многого добился за прошедший год, как в вопросах национального, так и наднационального регулирования. Многие вопросы технического регулирования относятся к компетенции ЕЭК и поэтому уже на протяжении нескольких лет российский бизнес работает в тесном контакте с бизнес-сообществами стран, входящих союз.

Значительная часть этой работы связана с подготовкой технических регламентов, но деятельность РСПП этим, конечно, не ограничивалась. Большое внимание в течение минувшего года работы уделялось закону «О стандартизации в Российской Федерации», который был разработан и принят во многом благодаря инициативе и при самом непосредственном участии РСПП. Также подготовлены предложения по проектам более двух десятков подзаконных актов, проведен целый ряд конференций, семинаров, круглых столов по разъяснению требований закона.

В экономическом поле государства контроль и качество безопасности продукции и услуг формы оценки соответствия и стандартизации работают вместе как для установления норм, так и для проверки их исполнения. Оценка соответствия осуществляется контролирующими органами, которые проводят инспекции. Данные структуры уполномочены государством для проведения оценок соответствия продукции или услуг с помощью прямой оценки, в отличие от сертификации по ИСО/МЭК 65, являющейся косвенной.

Контроль происходит с помощью метода оценки соответствия. Инспектирующий орган — структура, проводящая инспекцию. Вполне понятно, что инспектирование зависит от профессионального суждения конкретного персонала инспектора. Поэтому компетенция инспектирующих органов во многом зависит от их знаний, опыта и навыков интерпретации. Особенно это актуально для некоторых типов контроля, например, связанных с безопасностью, где должны быть установлены и строго соблюдаться требования к квалификации и профессиональному опыту инспекторов, например, подтвержденные сертификацией персонала. Практическое использование метода инспектирования подчинено принятому в международной практике правилу — «один стандарт — одна оценка».

Для проведения инспектирования задействованы два метода: валидация и верификация. В случаях, когда простая инспекция не подходит, задействуют процесс испытаний. Уровень знаний инспектора должен быть достаточным для составления точной картины испытаний. Инспектор обязан быть способен оценив и проверив все выстроить точную картину проведенных инспекций и составить достоверный результат. Международный стандарт ISO/IEC 17020 является основным стандартом по инспекции. В новейшем варианте ISO 17020 правила которым должны следовать органы по инспекции описаны в четырнадцати пунктах, таких как: административные требования; требования

независимости, беспристрастности, честности: контролирующий орган должен быть независимым в соответствии с типом аккредитации А, В, С; конфиденциальность; организация и управление; система качества; персонал; технические средства и оборудование; методы контроля и процедуры; обращение с образцами и изделиями для контроля; контроль отчетов; протоколы контроля и сертификаты контроля; заключение договора с субподрядчиком; жалобы и обращения; сотрудничество с другими инспектирующими органами. Орган, который нацелен на работу в сфере инспекций должен получить аккредитацию по стандарту, что позволяет получить доверие потребителей услуги, а также доказать одинаковость действий всех органов по инспекции.

Следующей темой, которую стоит затронуть является вопрос почему же компаниям по сертификации есть смысл переходить на метод инспекции?

В первую очередь можно сказать о том, что при проведении инспекции затрачивается меньше времени, так как количество документов на прямую связано с требованиями, которые нужно проверить в ходе инспекции, в то время как, при сертификации количество документов может быть не разумно большим.

Вторым пунктом можно выделить повышение конкурентоспособности первой стороны, ведь полученный после проведение инспекции документ является более надёжным доказательством соответствия проверяемого объекта требованиям в которых хочет убедиться вторая сторона.

Для более наглядного понимания того, как изменится цепочка услуги при изменении её с «сертификации» на «оценку соответствие», покажем данный процесс в модели IDEF3 (AS-IS) и IDEF3 (AS TO BE).

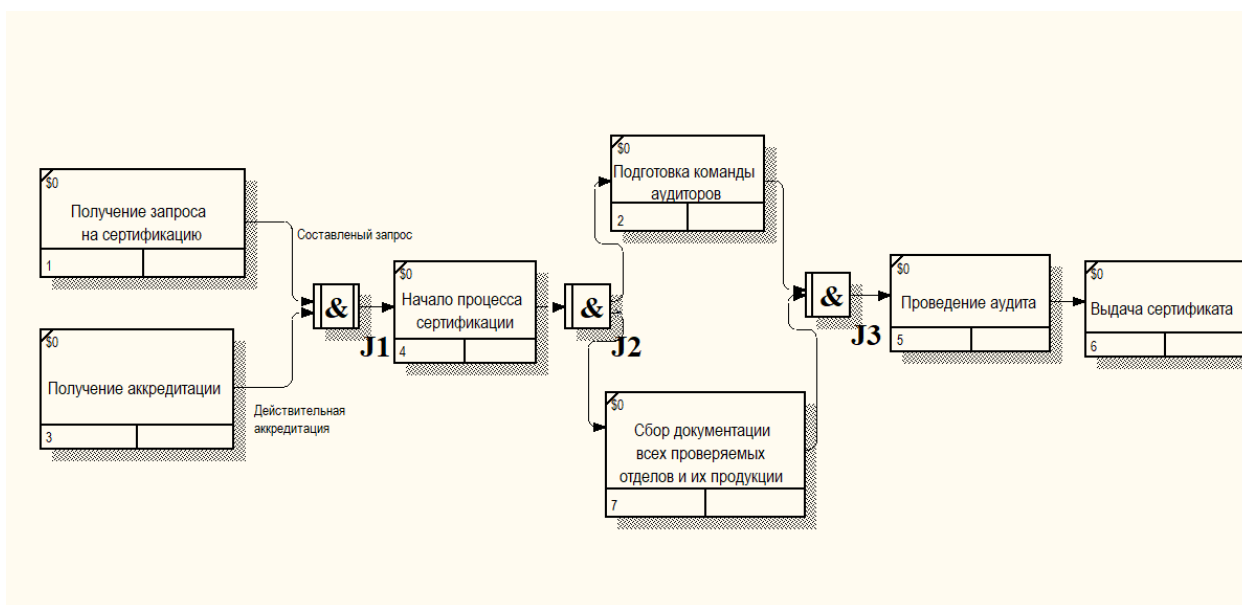


Рис. 1. Схема услуги «сертификация» (AS-IS)

Как видно по данной модели, компания должна иметь действующую аккредитацию чтобы начать работу по сертификации, а также должна получить или собрать всю документацию, относящуюся к проверяемым отделам и их продукции.

Данная задача требует большого количества времени, которое добавляется к времени необходимому на саму проверку, с учётом всего этого одна проверка может занимать несколько месяцев и большое количество людей, вовлечённых в данную проверку.

Ещё одним осложняющим фактором является то, что аккредитации должны быть постоянно обновлены компанией.

Подводя итог под всем вышесказанным, можно сказать, что сертификация как услуга является не самой удобной и надёжной, так как при потере органом по сертификации аккредитаций также влияет и на все сертифицированные организации.

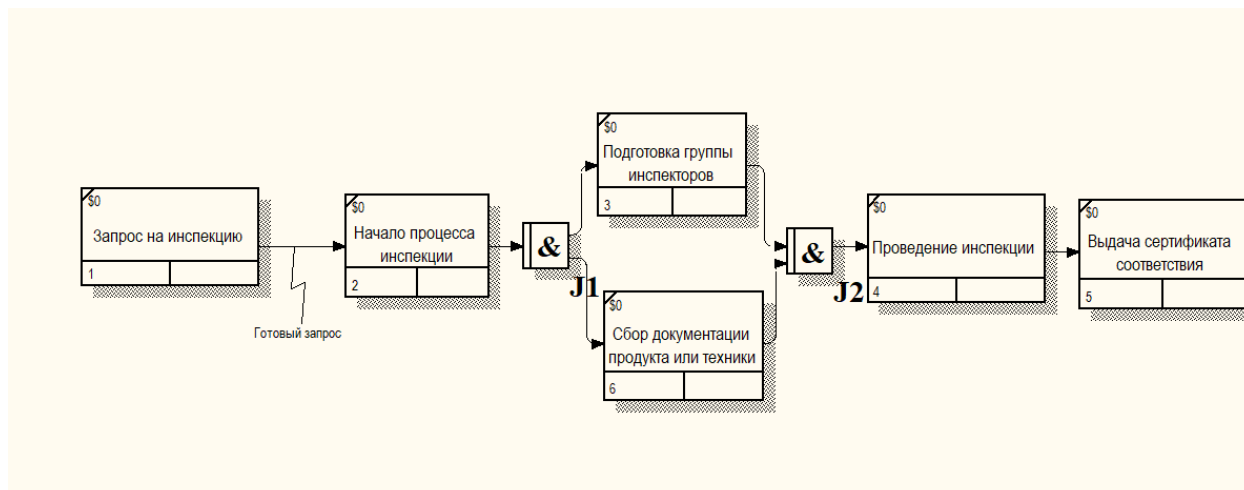


Рис. 2. Схема услуги «Оценка соответствия» (AS TO BE)

При изучении данной модели становится сразу понятно, что процесс упрощается и становится быстрее.

Также важным фактором является то, что сертификат соответствия выдается на момент проверки, что является более убедительным документом соответствия чем когда у компания сертифицирована по стандарту.

В заключение хочется ещё раз подвести итоги всего вышесказанного, сертификация как способ подтверждения соответствия содержит в себе много минусов и неудобств, в связи с чем замена процесса сертификации на процесс инспекций является выгодным способом уйти от данных проблем, процесс инспекции поможет упростить работу органов по сертификации и в то же время помочь их клиентам, так как документ о соответствии полученный в ходе инспекции будет являться более надежным способом доказательства соответствия продукции заданным для нее требованиям.

### Список литературы

1. Карташова, Л. В. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: Учебник / Л. В. Карташова, М. А. Николаева. – М.: ИНФРА-М, 2020.
2. Криштафович, В. И. Оценка качества товаров и основы экспертизы: учебник / В. И. Криштафович, Д. В. Криштафович: – М.: Кнорус, 2022.
3. Российский союз промышленников и предпринимателей [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://rspp.ru/> (Дата обращения 09.05.2023)
4. Институт нефтегазовых технологических инициатив [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://inti.expert/> (Дата обращения 10.05.2023)

**А.А. Шербекова, А.К.Токталиева**

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

**A.A. Sherbekova, A.K.Toktalieva**

<sup>1,2</sup>Kyrgyz State Technical University n. a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic  
*e-mail:* Sherbekova51@mail.ru  
*e-mail:* asel.toktalieva@gmail.com

## **НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕГИОНАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

### **КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН АЙМАКТЫК КУРУЛУШТАГЫ КОРПОРАТИВДИК БАШКАРУУНУ ӨНҮКТҮРҮҮНҮН ЗАРЫЛДЫГЫ**

#### **THE NEED FOR DEVELOPMENT OF CORPORATE GOVERNANCE IN REGIONAL CONSTRUCTION OF THE KR**

*Макала Кыргыз Республикасынын региондук курулушунда корпоративдик башкарууну өнүктүрүүнүн ролун жана зарылдыгын изилдөөгө арналган. Иште республиканын курулуш тармагындагы учурдагы абал талданат, бул чөйрөдө туруктуу өсүштү жана ачык-айкындуулукту камсыз кылуу үчүн корпоративдик башкаруунун маанилүүлүгүнө басым жасалат. Корпоративдик башкаруунун жана инвестициянын көлөмүнүн ортосундагы байланышты изилдөөгө өзгөчө көңүл бурулат.*

**Түйүндүү сөздөр:** корпоративдик башкаруу, курулуш индустриясы, өсүү темптери, инвестиция, инвестициялык активдүүлүк, дүң региондук продукт, региондук өнүгүү.

*Статья посвящена исследованию роли и необходимости развития корпоративного управления в региональном строительстве Кыргызской Республики. В работе анализируется текущая ситуация в строительной отрасли республики, акцентируя внимание на значимости корпоративного управления для обеспечения устойчивого роста и прозрачности данной сферы. Особое внимание уделяется изучению связи между эффективностью корпоративного управления и ключевыми показателями строительной отрасли, такими как валовой региональный продукт и объем инвестиций.*

**Ключевые слова:** корпоративное управление, строительная отрасль, темпы роста, инвестиции, инвестиционная активность, валовый региональный продукт, региональное развитие.

*The article is devoted to the study of the role and the necessity of developing corporate governance in regional construction of the Kyrgyz Republic. The paper analyzes the current situation in the construction industry of the republic, emphasizing the importance of corporate governance for ensuring sustainable growth and transparency in this field. Special attention is paid to the study of the relationship between the effectiveness of corporate governance and key indicators of the construction industry, such as the gross regional product and the volume of investments.*

**Key words:** corporate governance, construction industry, growth rate, investment, investment activity, gross regional product, regional development.

**Введение.** В современных условиях интенсивного развития экономики и повышения конкуренции на строительном рынке регионов Кыргызской Республики актуальность проблемы корпоративного управления становится особенно заметной. Корпоративное

управление в региональном строительстве играет ключевую роль в определении стратегических направлений развития, обеспечивая эффективное использование ресурсов и защиту интересов акционеров и других заинтересованных сторон.

С учетом масштабов и значимости строительной отрасли для экономики страны, а также специфики работы строительных компаний в регионах, необходим подход, который бы учитывал особенности регионального рынка и обеспечивал бы высокий уровень корпоративного управления. Это особенно важно в условиях, когда строительство является ключевым элементом экономического развития Кыргызской Республики и играет значимую роль в формировании её экономического потенциала.

Строительство — одна из отраслей, которая активно создает рабочие места, обеспечивая занятость значительной части населения. Это помогает снизить уровень безработицы и стимулирует экономический рост в регионах. Строительство дорог, мостов, жилых и других объектов способствует модернизации инфраструктуры страны, что, в свою очередь, способствует экономическому росту и улучшению качества жизни населения. Качественная и современная инфраструктура может стать ключевым фактором для привлечения иностранных инвестиций, а также может касаться как прямых инвестиций в строительные проекты, так и инвестиций в другие сектора экономики. Развитие строительства и строительного рынка может способствовать стабилизации рынка недвижимости, обеспечивая предсказуемые условия для инвесторов и потребителей. Развитие строительства стимулирует рост и в других отраслях, таких как производство строительных материалов, логистика, транспорт и др. Строительство может стать инструментом регионального развития, особенно в отдаленных или мало развитых регионах КР. Создание инфраструктуры может стимулировать местный бизнес, туризм и другие виды экономической деятельности.

Однако, несмотря на все преимущества, необходимо учитывать возможные риски и проблемы, связанные со строительством, такие как экологические последствия, коррупция или некачественное строительство. Для максимизации положительного влияния строительства на экономику, необходимо усиливать внимание стандартам качества, прозрачности и его устойчивому развитию.

Строительство является одной из важных отраслей экономики Кыргызской Республики и всех ее регионов, от его состояния во многом зависит социально-экономическое развитие страны.

Строительство всегда было и остаётся ведущей сферой, отвечающей за решение ключевых социальных и экономических проблем общества. Строительный сектор является движущей силой и обеспечивает развитие всего региона, способствуя социально-экономическому прогрессу отдельных регионов и всего государства в целом. Рост строительной отрасли страны связан с развитием строительных компаний, поэтому важность формирования механизмов устойчивого развития в этой области очевидна.

В условиях глобальной цифровизации и интеграции экономики, строительная отрасль предопределяет свою экономическую значимость. Этот процесс неразрывно связан с движением капитала и расширением возможностей для каждого участника строительного рынка. Строительство, как экономический процесс, характеризуется постоянной инвестиционной активностью владельцев капитала на каждом этапе создания зданий или сооружений, в которые были направлены инвестиции.

В обеспечении эффективности и успешности реализации строительных проектов ключевую роль играет корпоративное управление.

Исследованию вопросов корпоративного управления в Кыргызской Республике посвящены труды Тургунбаев М.Ж., Мурзатаева А.Дж., Сарбагышева Г.Э. Ими уделено внимание развитию корпоративного управления в агропромышленном производстве, в энергетике, в банковском секторе. Однако сфера строительства остается недостаточно рассмотренной.

По мнению профессора Тургунбаева М.Ж, корпоративное управление представляет собой набор механизмов, используемых для обеспечения оптимального баланса распределения прав и обязанностей между всеми участниками корпоративных отношений, который, в свою очередь, должен обеспечить эффективное управление компанией, максимально удовлетворять интересы и защищать права всех сторон корпоративных отношений, включая государство и общество [1].

С нашей точки зрения, корпоративное управление представляет собой структуру, используемую для определения целей компании и средств для их достижения, а также осуществления контроля за этим процессом. И следует отметить, что в современных условиях развития экономики, корпоративное управление является ключевым инструментом для обеспечения эффективности, прозрачности и устойчивости деятельности компаний.

По мнению руководителя проекта Международной финансовой корпорации (IFC) по корпоративному управлению в Центральной Азии, г-н К. Бах, кыргызским компаниям для достижения своих целей и обретения успеха необходимо внедрение и использование моделей корпоративного управления [5].

Вице-президент Палаты независимых директоров Ж. Усенов считает, что внедрение корпоративного управления приносит компаниям ряд преимуществ. Прежде всего, это доступ к альтернативным (небанковским) источникам финансирования, повышение стоимости компании, а также увеличение операционной эффективности благодаря оптимальному распределению ресурсов и улучшению менеджмента. Также он подчеркивает, что «Корпоративное управление способствует привлечению в компанию профессионалов, а также помогает снизить вероятность возникновения внутренних конфликтов или даже судебных разбирательств за счет улучшения взаимоотношений между всеми заинтересованными сторонами» [6].

Представитель строительной компании «Эмарк Групп» Ч. Акматов подчёркивает важность внедрения корпоративного управления в строительных компаниях. По его мнению, компании, стремящиеся к радикальной трансформации своего управления, создают советы директоров и начинают публично предоставлять свою финансовую отчетность. Это может способствовать привлечению крупных инвестиций и укреплению позиций компании на фондовом рынке. [7]

Таблица 1 - Динамика численности постоянного населения на начало года по регионам КР (млн. человек), за 2018-2022гг.

	2018	2019	2020	2021	2022	2022 г. к 2018 г., в % (раза)
Кыргызская Республика	6,2567	6,3895	6,5235	6,6368	6,7473	1,08
<b>в том числе:</b>						
Баткенская область	0,5136	0,5251	0,5373	0,5482	0,5586	1,09
Джалал-Абадская область	1,1906	1,2144	1,2388	1,2606	1,2822	1,08
Иссык-Кульская область	0,4830	0,4898	0,4961	0,5019	0,5059	1,05
Нарынская область	0,2838	0,2870	0,2896	0,2921	0,2942	1,04
Ошская область	1,3141	1,3419	1,3681	1,3917	1,4147	1,08
Таласская область	0,2590	0,2635	0,2674	0,2710	0,2740	1,06
Чуйская область	0,9217	0,9411	0,9598	0,9750	0,9855	1,07
<b>город</b>						
Бишкек	1,0021	1,0272	1,0539	1,0741	1,0986	1,10
Ош	0,2888	0,2995	0,3125	0,3222	0,3336	1,15

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР [14]



В последние годы ключевым фактором, подчеркивающим необходимость инвестирования в строительство, является рост населения Кыргызстана.

Кыргызстан демонстрирует устойчивый рост численности населения на протяжении всего рассматриваемого периода. С 2018 по 2022 год относительный прирост составил примерно 8,0%.

Исследования показывают положительную динамику численности населения отмечается во всех регионах Кыргызской Республики. В 2022 году численность населения составила 6,7473 млн чел., что на 8% больше по сравнению с 2018 годом. В Баткенской области численность населения увеличилась на 9% по сравнению с 2018 годом. В Джалал-Абадской и Ошской областях прирост составил 8%. Чуйская область продемонстрировала рост на 7%, Таласская область – на 6%. Иссык-Кульская и Нарынская области показывают более умеренные темпы роста – 5% и 4% соответственно. В г. Ош отмечается наибольший прирост в 15%, в то время как в г. Бишкек рост составил 10%.

Динамика численности населения определяет растущую потребность не только в жилье, но и в социальной инфраструктуре, а также в образовательных и медицинских учреждениях. В этой связи полагаем, государству и частному сектору в регионах необходимо сфокусироваться на разработке и реализации строительных проектов социально-культурного назначения.

Объемы введенного жилья в Кыргызстане в последние годы имеют неравномерную тенденцию.

Таблица 2 – Динамика ввода в действие жилых домов по территории КР (тыс. кв. м.)

	2018	2019	2020	2021	2022	2022 г. к 2018 г., в % (раза)
Кыргызская Республика	1 311,6	1 380,1	1 063,3	1 313,2	1 119,1	0,85
<i>в том числе:</i>						
Баткенская область	67,7	80,4	55,1	63,4	76,6	1,13
Джалал-Абадская область	177,5	198,3	169,7	186,1	211,4	1,19
Иссык-Кульская область	72,6	85,9	88,0	85,8	89,2	1,23
Нарынская область	34,9	39,0	45,3	43,1	38,0	1,09
Ошская область	191,5	188,8	161,2	237,9	247,2	1,29
Таласская область	44,2	48,2	50,7	63,2	68,0	1,54
Чуйская область	172,5	169,6	186,6	168,3	216,5	1,25
<i>город</i>						
Бишкек	455,2	492,8	258,9	348,6	144,2	0,32
Ош	95,5	77,1	47,8	116,8	28,0	0,29

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР [15]

В 2022 году на территории Кыргызской Республики было введено в эксплуатацию 1 119,1 тыс. кв. м жилых домов, что на 15% меньше по сравнению с 2018 годом. Среди регионов наблюдаются значительные различия в объемах ввода жилья, так в Таласской области объем ввода составил 68,0 тыс. кв. м (рост на 54%), в Ошской области - 247,2 тыс. кв. м (рост на 29%), в Чуйской области - 216,5 тыс. кв. м (рост на 25%), в Иссык-Кульской области - 89,2 тыс. кв. м (рост на 23%), в Джалал-Абадской области - 211,4 тыс. кв. м (рост на 19%), в Баткенской области - 76,6 тыс. кв. м (рост на 13%), в Нарынской области - 38,0 тыс. кв. м (рост на 9%).

Однако в городах Бишкек и Ош наблюдается существенное сокращение объемов ввода жилья. В Бишкеке введено в эксплуатацию 144,2 тыс. кв. м жилья, что на 68% меньше



по сравнению с 2018 годом. В Оше ситуация еще более критичная – здесь объем ввода жилья сократился на 71% и составил 28,0 тыс. кв. метров.

Такое сокращение объема введенного в эксплуатацию жилья в 2022 году обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, недостаточность государственного финансирования, что приводит к замедлению строительства. Во-вторых, кризисные явления в экономике усилили тенденцию к снижению инвестиций в жилищное строительство.

В последние годы государством уделяется большое внимание развитию регионов, были заложены нормативно-правовые основы, создавшие предпосылки для дальнейшего решения социально-экономических вопросов развития регионов. Президентом КР подписан указ, согласно которому 2020 год был объявлен годом развития регионов, цифровизации страны и поддержки детей. Реализация указанных мер стала важнейшей задачей государственных органов и органов местного самоуправления КР. [8]

Государственная политика и вопросы государственного регулирования в области градостроительства, обустройства и благоустройства территории Кыргызской Республики определены в программных документах, направленных на выявление перспектив развития строительной отрасли. [9]

Правительство КР в 2020 году приняло постановление «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли Кыргызской Республики на 2020-2030 годы». Данная стратегия направлена на обеспечение экономического развития регионов путем строительства школ, детских садов, спортивных площадок и больниц в регионах КР. [10]

В мировой экономике ВРП рассматривается как ключевой показатель экономической активности и благосостояния территории. Этот показатель позволяет оценить уровень экономической активности региона относительно его населения, что в свою очередь может служить индикатором для принятия стратегических решений в области экономической политики. Рассмотрим динамику объема ВРП на душу населения в различных регионах Кыргызской Республики за период 2017-2021 годов.

Таблица 3 - Объем валового регионального продукта на душу населения за 2017-2021гг. (текущих ценах, тыс.сомов)

	2017	2018	2019	2020	2021	2021 г. к 2018 г., в % (раза)
Кыргызская Республика	89,3	93,8	99,8	95,1	114,9	1,29
<i>в том числе:</i>						
Баткенская область	38,9	38,9	41,6	42,3	49,6	1,27
Джалал-Абдская область	55,2	59,2	62,3	54,2	68,5	1,24
Иссык-Кульская область	138,0	142,1	175,9	176,5	163,2	1,18
Нарынская область	51,7	51,5	53,7	61,0	61,2	1,18
Ошская область	31,1	34,8	35,3	37,0	43,6	1,40
Таласская область	63,9	58,2	64,0	66,4	115,9	1,81
Чуйская область	98,2	90,4	91,5	88,0	114,0	1,16
<i>город</i>						
Бишкек	196,8	220,2	230,9	212,0	266,8	1,35
Ош	112,5	115,9	117,7	112,0	127,2	1,13

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР [16]

В 2021 году объем ВРП на душу населения по всей Кыргызской Республике составил 114,9 тыс. сомов, что на 29% больше по сравнению с 2017 годом. Регионы показали разную экономическую активность. В Таласской области этот показатель составил 115,9 тыс. сомов

(рост на 81,4%), в Ошской области — 43,6 тыс. сомов (рост на 40,2%), в Баткенской области — 49,6 тыс. сомов (рост на 27,5%), в Джалал-Абадской области — 68,5 тыс. сомов (рост на 24,1%), в Иссык-Кульской области — 163,2 тыс. сомов (рост на 18,3%), в Нарынской области — 61,2 тыс. сомов (рост на 18,4%), в Чуйской области — 114,0 тыс. сомов (рост на 16,0%). В городах Бишкек и Ош рост составил соответственно 35,6% и 13,1%, с показателями 266,8 тыс. сомов и 127,2 тыс. сомов. Различия в показателях объясняются разной экономической активностью и доступностью ресурсов, а также уровнем государственной поддержки и особенностями экономического развития каждого региона.

В соответствии с данными реестра Министерства юстиции Кыргызской Республики за 2022 год было зарегистрировано 1030 строительных организаций различных форм собственности. Из них 163 являются акционерными обществами, включая как открытые, так и закрытые акционерные общества. 108 — открытые акционерные общества, расположенные в регионах Кыргызской Республики.

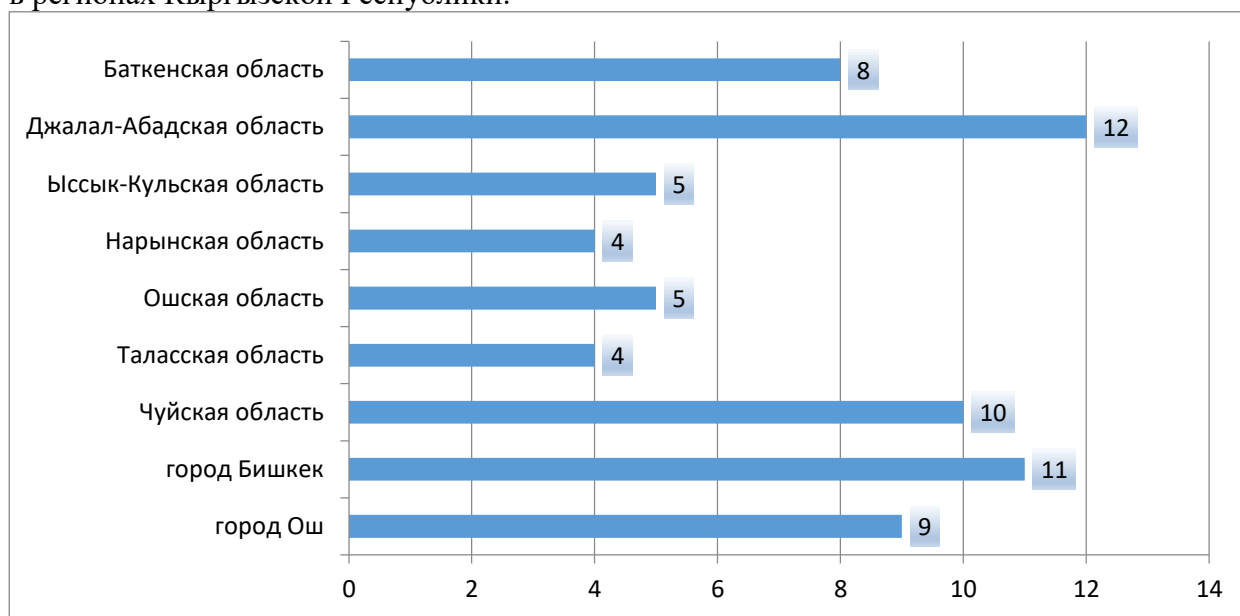


Рис. 1. Количество ОАО, занимающихся строительством жилых и нежилых зданий, в городах и регионах Кыргызской Республики.

Источник: составлена авторами на основе данных Министерство Юстиции КР [11]

Наибольшее число ОАО в Джалал-Абадской и Чуйской области, а также в городе Бишкек.

В последние годы строительство стало одной из ключевых отраслей экономики Кыргызской Республики, оказывающей заметное влияние на экономическое развитие страны. Для того чтобы оценить динамику развития этой отрасли и ее вклад в экономику различных регионов, необходимо рассмотреть динамику показателя ВРП, связанного со строительством. Рассмотрим данный показатель, выраженный в текущих ценах, за период 2017-2021 гг. по регионам Кыргызской Республики.

В 2021 году по сравнению с 2017 годом наибольший рост ВРП по сектору строительства был отмечен в следующих регионах Кыргызской Республики. Таласская область - 867,1 млн. сомов (рост на 79%), Баткенская область - 1404,4 млн. сомов (рост на 52%), Иссык-Кульская область - 6614,8 млн. сомов (рост на 48%), Джалал-Абадская область - 7400,0 млн. сомов (рост на 22%), Чуйская область - 9561,1 млн. сомов (рост на 17%). В то же время ВРП сократился в Нарынской области – 666,8 млн.сомов (снижение на 69%), и в Ошской области – 1210,5 млн.сомов (снижение на 50%). В городах наблюдается следующая динамика ВРП, г.Бишкек – 26130,8 млн.сомов (рост на 38%) и в г.Ош - 3522,1 млн.сомов (рост на 75%).

Таблица 4 - Динамика валового регионального продукта по строительству, по регионам КР за 2017-2021гг. (текущих ценах, млн.сомов)

	2017	2018	2019	2020	2021	2021 г. к 2018 г., в % (раза)
Баткенская область	925,8	862,9	1 088,5	460,1	1 404,4	1,52
Джалал-Абадская область	6065,6	8139,4	8 616,8	4 753,9	7 400,0	1,22
Иссык-Кульская область	4471,6	5428,8	6 108,9	6 434,5	6 614,8	1,48
Нарынская область	2142,6	1731,4	1 905,3	1 639,4	666,8	0,31
Ошская область	2418,6	2428,4	2 618,2	2 308,5	1 210,5	0,50
Таласская область	483,4	711,3	1 237,9	668,1	867,1	1,79
Чуйская область	8169,0	8260,6	9245,3	6683,0	9561,1	1,17
<b>город</b>						
Бишкек	18865,7	21752,7	24327,1	33954,8	26130,8	1,38
Ош	2015,1	2071,0	2950,1	2946,6	3522,1	1,75

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР [17]

Такие данные показывают, что в строительной отрасли Кыргызской Республики наблюдаются как положительные, так и отрицательные тенденции ВРП, которые могут быть обусловлены различными региональными особенностями экономики и строительной индустрии.

На наш взгляд следует обратить внимание на проблемы развития строительства в указанных регионах и рассмотреть эффективные меры поддержки для стимулирования его роста.

Таблица 5 - Незавершенное строительство по территории КР за 2017-2021гг. (млн.сомов)

	2017	2018	2019	2020	2021	2021 г. к 2018 г., в % (раза)
<b>Кыргызская Республика</b>	<b>132 676,7</b>	<b>176 538,0</b>	<b>206 438,3</b>	<b>195 017,6</b>	<b>197 764,2</b>	<b>1,49</b>
<b>в том числе:</b>						
Баткенская область	9 560,6	5 070,2	5 806,5	6 644,9	6 003,0	0,63
Джалал-Абадская область	30 807,3	43 072,4	65 963,6	61 145,8	72 696,8	2,36
Иссык-Кульская область	7 235,5	11 724,3	19 801,8	8 379,4	9 948,0	1,37
Нарынская область	14 553,7	13 254,9	7 650,0	8 587,3	10 178,7	0,70
Ошская область	4 020,5	6 493,6	3 796,3	3 937,7	4 006,9	1,0
Таласская область	2 873,7	4 436,0	9 497,3	11 707,3	8 033,5	2,8
Чуйская область	11 203,5	17 865,5	18 754,9	13 193,1	13 994,0	1,25
<b>город</b>						
Бишкек	46 727,5	68 766,8	69 415,3	73 378,9	63 564,7	1,36
Ош	5 694,4	5 854,3	5 752,6	8 043,2	9 338,6	1,64

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР. Инвестиции в Кыргызской Республике 2017-2021гг. [13]

Рост количества экономических субъектов в строительстве свидетельствует о развитии интереса к предпринимательству в этой сфере экономики. Однако специфические особенности строительства, такие как длительность создания строительной продукции,

особенности ее реализации, связанные с характером потребления через ввод в действие законченных объектов, высокая их капиталоемкость и стоимость, приводят к таким последствиям, как распыление капиталовложений, невыполнение обязательств застройщиков по выполнению сроков сдачи объектов и, соответственно наращиванию стоимости незавершенного строительного производства.

Незавершенное строительство в Кыргызской Республике оказывает влияние на темпы роста (снижения) ВРП по строительству. В 2022 году число объектов незавершенного строительства составило 541.

В 2021 году объем незавершенного строительства по всей республике составил 197 764,2 млн. сомов, что на 49% больше по сравнению с 2017 годом. Наибольший рост незавершенного строительства отмечен в Таласской области, где объем увеличился до 8 033,5 млн. сомов, что на 179,6% больше по сравнению с 2017 годом. В Джалал-Абадской области - 72 696,8 млн. сомов (рост на 136,1%), в Иссык-Кульской области - 9 948,0 млн. сомов (рост на 37,4%), в Чуйской области - 13 994,0 млн. сомов (рост на 24,0%). В то время как в Баткенской области объем незавершенного строительства снизился на 37,2%, составив 6 003,0 млн. сомов, в Нарынской области - 10 178,7 млн. сомов (снижение на 30,1%), а в Ошской области - 4 006,9 млн. сомов уменьшил на примерно 0,34%. В городах также наблюдался рост незавершенного строительства, в Бишкеке объем увеличился на 36,1%, составив 63 564,7 млн. сомов, а в Оше - 9 338,6 млн. сомов (рост на 64,1%).

Таким образом, динамика незавершенного строительства в регионах страны различна и отражает темпы развития строительной отрасли.

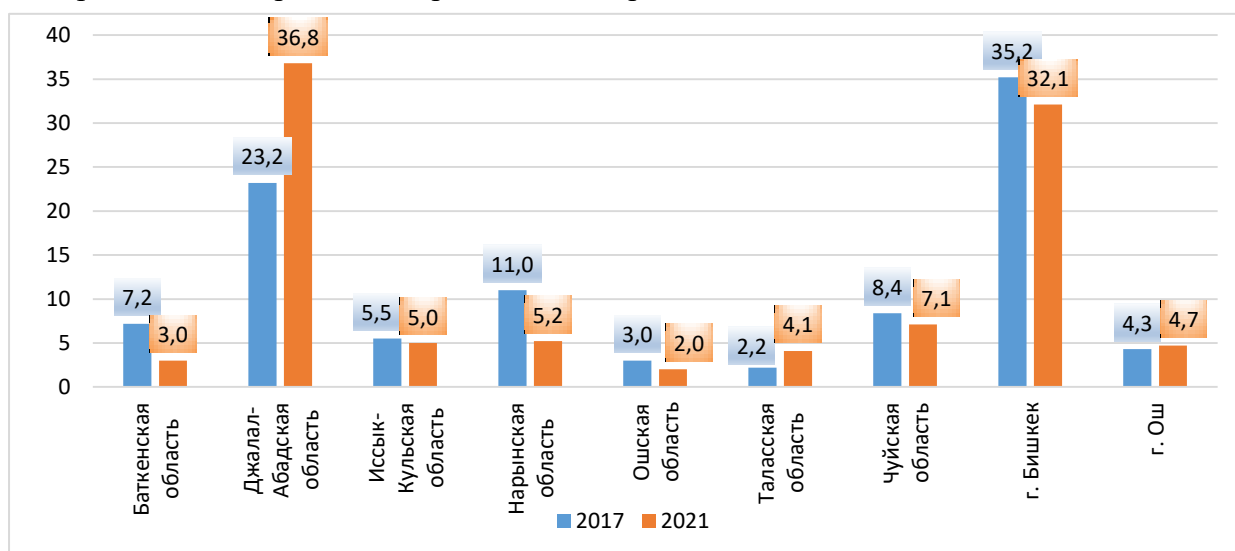


Рис. 2. Структура объема незавершенного строительства по территории КР (в процентах к общему объему незавершенного строительства)

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР. Инвестиции в Кыргызской Республике 2017-2021гг. [13]

Анализ структуры объема незавершенного строительства по регионам Кыргызской Республики за 2017 и 2021 годы показывает, что наибольший рост был отмечен в Джалал-Абадской и Таласской областях. В других регионах страны, а также в г. Бишкек отмечается снижение. Эти изменения могут быть связаны с различными региональными особенностями экономической и строительной деятельности, что предполагает необходимость выявления причин такой динамики и разработки соответствующих мер регулирования.

ВРП, связанный со строительством, представляет собой ключевой экономический показатель, отражающий динамику и состояние этой отрасли в регионах. Этот показатель может служить барометром для оценки уровня инвестиционной активности,

потребности в инфраструктурных проектах и качества строительных работ в конкретном регионе или стране в целом.

Таблица 6 - Темпы роста (снижения) ВРП по строительству на территории КР в текущих ценах за 2017-2021гг (в процентах к предыдущему году)

Наименование	2017	2018	2019	2020	2021
Баткенская область	66,5	94,8	128,5	80,1	170,7
Джалал-Абадская область	103,8	115,0	101,0	64,4	130,7
Иссык-Кульская область	122,9	105,9	113,4	115,8	81,5
Нарынская область	86,2	73,5	112,0	68,0	106,0
Ошская область	117,7	97,8	112,6	89,0	111,1
Таласская область	127,5	106,0	178,5	88,4	63,4
Чуйская область	105,7	100,2	118,6	71,5	93,7
<i>город</i>					
Бишкек	110,1	115,0	106,1	88,7	89,2
Ош	122,0	107,9	117,6	89,4	115,3

Источник: рассчитана авторами на основе данных Нацстаткома КР [18]

В 2021 году темпы роста ВРП по строительству в большинстве регионов Кыргызстана по сравнению с 2017 годом показывают положительную динамику. Наибольший рост наблюдается в Баткенской области — на 104,2%, в Джалал-Абадской области — на 26,9%, в Нарынской области — на 19,8%. В то же время в некоторых регионах страны темпы роста снизились, в Таласской области — на 64,1%, в Иссык-Кульской — на 41,4%, в Чуйской области — на 12,0%. А также в городах Бишкек и Ош на 20,9% и 6,7%. Эти изменения могут быть связаны с рядом факторов, включая объем инвестиций, стадию реализации крупных строительных проектов, экономическую ситуацию в регионе и государственную политику в области строительства и развития инфраструктуры.

Важно подчеркнуть, что при увеличении числа экономических субъектов и объемов подрядных работ, а также росте незавершенного строительства, эффективное и профессиональное управление становится ключевым фактором успешной реализации проектов в строительной отрасли. Однако, наличие снижения темпа роста ВРП в отдельных регионах и слабости управления в этой сфере акцентирует на необходимость внедрения и развития корпоративного управления в региональном строительстве, это способствует повышению ответственности компаний за своевременное и качественное выполнение строительных проектов, а также эффективное использование капиталов.

Поэтому в сфере строительства развитие корпоративного управления приобретает особое значение т.к. это отрасль с большими инвестициями, высокими рисками и сложной структурой управления. В связи с этим наличие четко прописанных и эффективных механизмов корпоративного управления может оказаться ключевым фактором успеха для компаний в этой области.

Нашими исследованиями установлены причины, которые определяют необходимость развития корпоративного управления в строительстве Кыргызской Республики:

- во-первых, корпоративное управление способствует установлению прозрачных процедур принятия решений и контроля, что уменьшает риски злоупотреблений и неправомерные действия компаниях;
- во-вторых, инвесторы и кредиторы предпочитают компании с хорошим корпоративным управлением, так как это уменьшает риски и делает бизнес более прогнозируемым;
- в-третьих, четкая структура управления и распределение обязанностей ведут к оптимальному принятию решений с улучшением операционной деятельности;
- в-четвертых, в современном мире репутация компании играет огромную роль.

Корпоративное управление в строительных компаниях основано на выстраивании доверительных отношений со стейкхолдерами что повышают репутации компании. Усиление требований законодательства в отношении корпоративного управления делает его развитие необходимым для соблюдения норм, правил и законодательства. Открытая и честная система корпоративного управления является дополнительным условием для привлечения и удержания высококвалифицированных специалистов. Эффективное корпоративное управление обеспечивает более четкое взаимодействие между руководством, акционерами, работниками и другими заинтересованными сторонами, что способствует улучшению взаимодействию со стейкхолдерами.

Корпоративное управление в секторе строительства Кыргызской Республики, как и в других странах, стоит перед рядом современных вызовов, которые требуют принятия эффективных мер и решений. Вот несколько ключевых вызовов:

1. Коррупция и недостаток прозрачности в строительной отрасли Кыргызской Республики могут подорвать доверие к индустрии и усложнить привлечение инвестиций. Создание открытых систем учета и контроля, улучшение корпоративного отчетности и внедрение стандартов прозрачности являются ключевыми задачами.

2. Недостаток надежных стандартов качества и их соблюдение может привести к плохому качеству строительства, что угрожает безопасности и долгосрочной устойчивости объектов.

3. Потребность в квалифицированных кадрах в области строительства и корпоративного управления растет. Обучение и повышение квалификации специалистов в этой сфере становятся все более важными.

4. С учетом глобальных вызовов, связанных с изменением климата и устойчивостью, строительная отрасль Кыргызской Республики должна также адаптироваться к экологическим стандартам и практикам.

5. Необходимо постоянное обновление и модернизация законодательной базы, которая регулирует корпоративное управление и строительство, чтобы соответствовать международным стандартам и лучшим практикам.

6. Внедрение новых технологий, таких как цифровизация и автоматизация процессов, может существенно улучшить эффективность и надежность строительства, а также корпоративного управления.

7. Учитывая сложную экономическую ситуацию, меняющиеся рыночные условия и другие факторы, эффективное управление рисками становится ключевым для успешного корпоративного управления.

Для преодоления этих и других вызовов необходимо привлечение международного опыта, проведение обучений, создание институтов, которые будут способствовать улучшению стандартов корпоративного управления, и активное сотрудничество с международными организациями.

### Список литературы

1. Тургунбаев, М.Ж. Формирование и развитие эффективной системы корпоративного управления в Кыргызской Республике в условиях глобализации: вопросы теории и практики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Dissertatsiya Turgunbaeva-M.ZH.pdf, 2019. – 289 с.

2. Шербекова, А.А. Анализ макроэкономической ситуации в регионах Кыргызской Республики и пути ее улучшения / А.А. Шербекова, А.А. Саякбаева // Евразийское научное объединение, – М.: Изд-во Орлов Максим Юрьевич, 2018. – 12(46). – С.272-276.

3. Шербекова, А.А. Повышение роли финансового контроля в строительной отрасли Кыргызской Республики / А.А. Шербекова // Наука, техника и образование. Электронный журнал. – М.2019. – №2(55). – С. 39-45.

4. Шербекова, А.А. Анализ и оценка финансового потенциала строительного



комплекса Кыргызской Республики / А.А. Шербекова, А.К. Токталиева // Известия КГТУ. –2023.– №3(67).

5. Карл Бах. Эффективное корпоративное управление – залог успешного бизнеса [Электронный ресурс] - Режим доступа: © Информационно-аналитический портал «PR.kg», 2023

6. Усенов, Ж. Зачем компаниям Кыргызстана внедрять корпоративное управление. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: akchabar.kg.

7. Акматов, Ч.К. Бизнес сам придет к корпоративному управлению, если нацелен на развитие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: akchabar.kg.

8. Указ Президента Кыргызской Республики от 8 января 2020 года УП № 1 «Об объявлении 2020 года Годом развития регионов, цифровизации страны и поддержки детей» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/430139?cl=ru-ru>

9. Постановление Жогорку Кенеша Кыргызской Республики от 20 апреля 2018 года № 2377-VI Программа развития Кыргызской Республики на период 2018-2022 годов «Единство. Доверие. Созидание» <https://www.gov.kg/ru/programs/6>

10. Постановление Правительства Кыргызской Республики от 17 января 2020 года № 14). Стратегия развития строительной отрасли Кыргызской Республики на 2020-2030 годы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/157432>

11. Министерство юстиции Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [er@minjust.gov.kg](mailto:er@minjust.gov.kg) Дата обращения 10.10.23.

12. Государственное агентство архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете Министров Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://gosstroy.gov.kg/ru>

13. Инвестиции в Кыргызской Республике 2017-2021гг [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>.

14. Национальный комитет статистики Кыргызской Республики: Численность постоянного населения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>. Дата обращения 11.10.23.

15. Национальный комитет статистики Кыргызской Республики: Ввод в действие жилых домов по территории Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>. Дата обращения 11.10.23.

16. Национальный комитет статистики Кыргызской Республики: Валового регионального продукта на душу населения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>. Дата обращения 12.10.23.

17. Национальный комитет статистики Кыргызской Республики: Валового регионального продукта по строительству [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>. Дата обращения 12.10.23.

18. Национальный комитет статистики Кыргызской Республики: Темпы роста (снижения) валового регионального продукта по видам экономической деятельности [Электронный ресурс]-Режим доступа:<http://www.stat.kg/ru/bazy-dannyh/>. Дата обращения 14.10.23.

**И. РАЗЗАКОВ атындагы КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК  
ТЕХНИКАЛЫК УНИВЕРСИТЕТИНИН  
ЖАРЧЫСЫ**

**ТЕОРИЯЛЫК ЖАНА КОЛДОНМО ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК  
ЖУРНАЛ**

**2023  
№4 (68)**

**ИЗВЕСТИЯ  
КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. И. РАЗЗАКОВА**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

**2023  
№4 (68)**

**JOURNAL  
of KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
named after I. RAZZAKOV**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL**

**2023  
№4 (68)**

Редакторы О.Е.Шапошникова, А.Б.Аманкулова, Г.А. Кабылбекова  
Тех. редактор Ж.З.Кучкачова

Подписано к печати 15.11.2023г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офс. Печать цифр. Объем 30,0 п.л. Тираж 50 экз.  
Отпечатано в Издательском доме «Калем», г.Бишкек, ул. Курчатова, 69,  
т. 49-19-36, E-mail: kalem14@mail.ru