

ISSN 2520-2227

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

## Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

3 (67) 2024

---



**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
Серия: Инженерные исследования

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
Series: Engineering studies

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҲҚИҚОТҲОИ МУҲАНДИСӢ

ISSN  
2520-2227

**3(67)**  
**2024**



**МАЧАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ**

<http://vp-es.ttu.tj/> E-mail: [vestnik\\_politech@ttu.tj](mailto:vestnik_politech@ttu.tj)

Published since January 2008

*Маҷалла ба рӯйхати наширияҳои тақризии КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, КОА-и назди Вазорати таҳсилоти олии, илм ва инноватсияҳои Ҷумҳурии Узбекистон ва равияи металлургияи он ба рӯйхати наширияҳои тақризии КОА-и Федератсияи Россия ворид карда шудааст.*

*Журнал включен в перечень рецензируемых изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан, ВАК при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан, а его металлургическое направление в перечень рецензируемых изданий ВАК Российской Федерации.*

*The journal is included in the list of peer-reviewed publications of the HAC under the President of the Republic of Tajikistan, the HAC under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan, and its metallurgical direction in the list of peer-reviewed publications of the HAC of the Russian Federation.*

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст  
№ 231/МҶ-97 аз 27 январи соли 2022  
Индекси обуна 77762

РАВЯИИ ИЛМИИ МАЧАЛЛА	НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЖУРНАЛА	SCIENTIFIC DIRECTION
05.14.00 Энергетика 05.16.00 Металлургия ва маводшиносӣ 05.17.00 Технологияи кимиявӣ 05.22.00 Нақлиёт 05.23.00 Сохтмон ва меъморӣ	05.14.00 Энергетика 05.16.00 Металлургия и материаловедение 05.17.00 Химическая технология 05.22.00 Транспорт 05.23.00 Строительство и архитектура	05.14.00 Energy 05.16.00 Metallurgy and materials science 05.17.00 Chemical technology 05.22.00 Transport 05.23.00 Construction and architecture

Муассис ва ношир	Учредитель и издатель	Founder and publisher
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Ҳар семоҳа нашр мешавад	Издається ежеквартально	Published quarterly

Нишонӣ	Адрес редакции	Editorial office address
734042, г. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А Тел.: (+992 37) 227-57-87	734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А Тел.: (+992 37) 227-57-87	734042, Dushanbe, Avenue of Academicians Radjabovs, 10A Tel.: (+992 37) 227-57-87

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

**POLYTECHNIC BULLETEN**  
SERIES: ENGINEERING STUDIES

**ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ**

**САРДАБИР**

**Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА**

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

**Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА**

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

**Ш.А. БОЗОРОВ**

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

**АЪЗОЁН**

**А.И. СИДОРОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**А.Г. ФИШОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**З.Ш. ЮЛДАШЕВ**

д.и.т., дотсент

**Л.С. КАСОБОВ**

н.и.т., дотсент

**А.К. КИРГИЗОВ**

н.и.т., и.в. дотсент

**И.Н. ГАНИЕВ**

академики АМИТ, д.и.х., профессор

**Х.О. ОДИНАЗОДА**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**Т.Ҷ. ҶУРАЕВ**

д.и.т., профессор

**М.М. ҲАҚДОД**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**А.Б. БАДАЛОВ**

узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор

**А.С. ФОХАКОВ**

д.и.т., дотсент

**В.В. СИЛЯНОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**Р.А. ДАВЛАТШОЕВ**

н.и.т., дотсент

**М.Ю. ЮНУСОВ**

н.и.т., и.в. дотсент

**Р.САЛОМЗОДА**

н.и.т., дотсент

**Ҷ.Н. НИЗОМОВ**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**И. КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.и.т., профессор

**А. Г. ГИЯСОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**Н.Н. ҲАСАНОВ**

доктори меъморӣ, и.в. профессор

**Р.С. МУҚИМОВ**

доктори меъморӣ, профессор

**Ҷ.Ҷ. САИДЗОДА**

доктори илмҳои техникаӣ, профессор

**Р.Ҷ. РАСУЛОВ**

д.и.т., профессор (Ҷумҳурии Тоҷикистон)

**Н.М. ҲАСАНОВ**

д.и.т., дотсент

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

**К.К. ДАВЛАТЗОДА**

д.э.н., профессор

**Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА**

к.т.н., доцент, зам. главного редактора

**Ш.А. БОЗОРОВ**

к.т.н., доцент, зам. главного редактора

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ**

**А.И. СИДОРОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**А.Г. ФИШОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**З.Ш. ЮЛДАШЕВ**

д.т.н., доцент

**Л.С. КАСОБОВ**

к.т.н., доцент

**А.К. КИРГИЗОВ**

к.т.н., и.о. доцента

**И.Н. ГАНИЕВ**

академик АН РТ, д.х.н. профессор

**Х.О. ОДИНАЗОДА**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**Т.Дж. ДЖУРАЕВ**

д.т.н., профессор

**М.М. ҲАҚДОД**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**А.Б. БАДАЛОВ**

член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор

**А.С. ФОХАКОВ**

д.т.н., доцент

**В.В. СИЛЯНОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**Р.А. ДАВЛАТШОЕВ**

к.т.н., доцент

**М.Ю. ЮНУСОВ**

к.т.н., и.о. доцента

**Р.САЛОМЗОДА**

к.т.н., доцент

**Д.Н. НИЗОМОВ**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**И. КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.т.н., профессор

**А. Г. ГИЯСОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**Н.Н. ҲАСАНОВ**

доктор архитектуры, и.о. профессора

**Р.С. МУҚИМОВ**

доктор архитектуры, профессор

**Дж.Х. САИДЗОДА**

д.т.н., профессор

**Р.Ҷ. РАСУЛОВ**

д.т.н., профессор (Республика Узбекистан)

**Н.М. ҲАСАНОВ**

д.т.н., доцент

*Материалы публикуются в авторской редакции, авторы опубликованных работ несут ответственность за оригинальность и научно-теоретический уровень публикуемого материала, точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, приводимой авторами.*

*Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.*

## МУНДАРИҶА – ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY .....</b>	<b>5</b>
<i><b>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ВАХШСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА .....</b></i>	<b>5</b>
<i><b><sup>1</sup>З.Р. Рахматуллоев, <sup>2</sup>Р. Рахматиллоев, <sup>3</sup>Х.Б. Назиров, <sup>4</sup>С.Т. Исмоилов, <sup>4</sup>Р.А. Джапилов .....</b></i>	<b>5</b>
<i><b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОДНООСЕВОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ .....</b></i>	<b>12</b>
<i><b>Б.Н. Шарифов, Ш.М. Султонзода, Х.Р. Замонов, Н.Д. Шарипов, Ф.М. Рахимов, Ш.А. Бобозода ....</b></i>	<b>12</b>
<i><b>УЧЁТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....</b></i>	<b>18</b>
<i><b>С.Р. Ниёзи .....</b></i>	<b>18</b>
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE.....</b>	<b>24</b>
<i><b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕШАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ ШАХТЫ «ВОСТОЧНАЯ» ОТ ТЯЖЕЛЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ .....</b></i>	<b>24</b>
<i><b><sup>1</sup>С.К. Ходжиев, <sup>1</sup>Х.Ё. Ашуров, <sup>1</sup>М.К. Хочиён, <sup>2</sup>И.И. Каландарбеков .....</b></i>	<b>24</b>
<i><b>ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВИНЦОВОГО БАББИТА Б(PbSb15Sn10).....</b></i>	<b>31</b>
<i><b><sup>1</sup>И.Н. Ганиев, <sup>1</sup>Х.М. Ходжаназаров, <sup>1</sup>Р.Д. Исмонов, <sup>2</sup>У.Н. Файзуллоев .....</b></i>	<b>31</b>
<b>ТЕХНОЛОГИИ КИМИЁӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY .....</b>	<b>37</b>
<i><b>ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА .....</b></i>	<b>37</b>
<i><b><sup>1</sup>А. Шарифов, <sup>2</sup>Б.Ф. Эмомов, <sup>1</sup>Д.К. Субхонов, <sup>1</sup>М.А. Зухурова.....</b></i>	<b>37</b>
<b>НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT .....</b>	<b>42</b>
<i><b>РАЗМЕЩЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА .....</b></i>	<b>42</b>
<i><b>Ф.Н. Низомзода .....</b></i>	<b>42</b>
<i><b>ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....</b></i>	<b>47</b>
<i><b>С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков.....</b></i>	<b>47</b>
<i><b>ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ .....</b></i>	<b>56</b>
<i><b>М.Р. Саидзода .....</b></i>	<b>56</b>
<i><b>ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА АУСТЕНИТНО-МАРГАНЦОВИСТОГО ЧУГУНА ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ СО СМАЗКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ АБРАЗИВ .....</b></i>	<b>61</b>
<i><b><sup>1</sup>Ш.М. Ясинов, <sup>2</sup>Х.М. Абдуллаев, <sup>3</sup>А.М. Умирзоков.....</b></i>	<b>61</b>
<i><b>ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ .....</b></i>	<b>68</b>
<i><b><sup>1</sup>А.М. Умирзоков, <sup>2</sup>Й.Н. Нурматзода, <sup>3</sup>Ф.М. Махмудова, <sup>1</sup>А.Л. Бердиев, <sup>1</sup>Ф.И. Джобиров .....</b></i>	<b>68</b>
<b>СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE .....</b>	<b>74</b>
<i><b>СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ.....</b></i>	<b>74</b>
<i><b>Т.А. Негматов .....</b></i>	<b>74</b>
<i><b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЬНЫХ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ СТОЕК .....</b></i>	<b>81</b>
<i><b>И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов, Р.Р. Саидов, А.А. Акрамов .....</b></i>	<b>81</b>

<b><u>МУАЙЯН НАМУДАНИ РЕАКСИЯИ ТАКЯГОҲИ ҚИСМҲОИ АЗ ҚИСМҲО ТАРКИБ ЁФТА, ТАВАССУТИ ПРИНСИПИ ҶОЙИВАЗКУНИИ ВИРТУАЛӢ.....</u></b>	<b><u>85</u></b>
Н. Туйчиев, Ф.Б. Шарипов .....	85
<b><u>МОДЕЛҲОИ ТАШКИЛИ ФУНКЦИОНАЛИВУ-БАНАҚШАГИРИИ ОБЪЕКТҲОИ ИСТИРОҲАТӢ ВА САЙЕҲӢ ДАР ҲУДУДИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН .....</u></b>	<b><u>90</u></b>
С.С. Раҳмонов .....	90
<b><u>ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ.....</u></b>	<b><u>96</u></b>
<sup>1</sup> Д.Н. Низомов, <sup>2</sup> И.К. Каландарбеков, <sup>2</sup> Д.Дж. Исвалиев, <sup>2</sup> И.И. Каландарбеков.....	96
<b><u>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА КЛИНКЕРА БЕЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ПИРОФИЛЛИТСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И КАОЛИНИТОВОЙ ГЛИНЫ.....</u></b>	<b><u>102</u></b>
А.А. Акрамов .....	102

УДК 621.311.1

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ВАХШСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

<sup>1</sup>З.Р. Рахматуллоев, <sup>2</sup>Р. Раҳматиллоев, <sup>3</sup>Х.Б. Назиров, <sup>4</sup>С.Т. Исмоилов, <sup>4</sup>Р.А. Джалилов

<sup>1</sup>Филиал ОАО «Распределительные электрические сети» в районах республиканского подчинения

<sup>2</sup>Таджикский аграрный университет имени Шириншоҳ Шотемура

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе

<sup>4</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье приведены результаты обследования насосных станций оросительной системы, расположенных на Вахшском магистральном канале. Проведён анализ состояния электрической части насосных станций, выявлены проблемы и предложены рекомендации по улучшению энергетической эффективности насосных станций.

**Ключевые слова:** насосная станция, электрическая часть, синхронный двигатель, асинхронный двигатель, эффективность, электропотребление.

### ҲОЛАТИ МУОСИРИ МУҲАРРИҚҲОИ БАҶИИ ИСТГОҲҲОИ НАСОСИИ СИСТЕМАҲОИ ОБЕРӢ ДАР МИСОЛИ КАНАЛИ МАГИСТРАЛИИ ВАХШ

З.Р. Раҳматуллоев, Р. Раҳматиллоев, Х.Б. Назиров, С.Т. Исмоилов, Р.А. Ҷалилов

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои таҳқиқи истгоҳҳои насосии дар системаи обёрии канали магистралии Вахш ҷойгиршуда, оварда шудаанд. Таҳлили ҳолати қисми баҷии истгоҳҳои насосӣ гузаронида шуд, мушкилотҳо ошкор карда шуданд ва тавсияҳо оид ба беҳтар кардани самаранокии энергетикӣ ва истгоҳҳои насосӣ пешниҳод карда шуданд.

**Калимаҳои калидӣ:** истгоҳи насосӣ, қисми баҷии, муҳарриқи синхронӣ, муҳарриқи асинхронӣ, самаранокии, истеъмоли баҷ.

### THE CURRENT STATE OF ELECTRIC MOTORS OF PUMPING STATIONS OF IRRIGATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE VAKHSH MAIN CANAL

Z.R. Rahmatullaev, R. Rahmatillaev, H.B. Nazirov, S.T. Ismoilov, R.A. Dzhililov

This article presents the results of a survey of pumping stations of the irrigation system located on the Vakhsh main canal. The analysis of the condition of the electrical part of pumping stations was carried out, problems were identified and recommendations were proposed to improve the energy efficiency of pumping stations.

**Keywords:** pumping station, electric part, synchronous motor, asynchronous motor, efficiency, power consumption.

### Обзор состояний насосных станций оросительной системы ВМК

В оросительную систему Вахшского магистрального канала (ВМК) входят районы Кушониен, Дусти, Леваканд, Вахш, Дж.Балхи, Джайхун и Хуросон. Установленная мощность всех насосных станций ВМК составляет 82002 кВт. Согласно проведённому анализу установленных мощностей электродвигателей, самым энергоёмким районом является Дусти, мощность насосных станций которого составляет 35,16МВт. Диаграмма установленной мощности насосных станций приводится на рисунке 1.

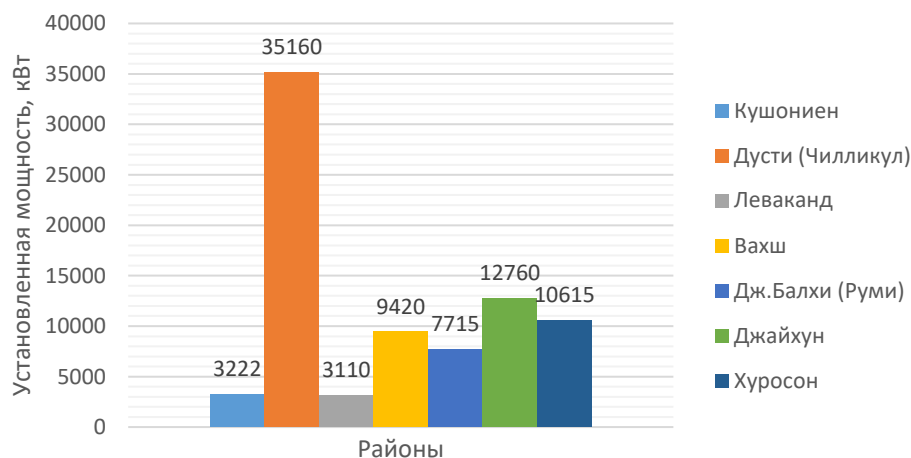


Рисунок 1 – Установленная мощность электродвигателей насосных станций ВМК

Применение способов и методов энергоэффективности двигателей насосных станций зависит от типа двигателя (асинхронный или синхронный) и рабочего напряжения (низковольтные и высоковольтные) электродвигателей. Как правило, в качестве привода насосов применяют электродвигатели переменного тока [2-3].

Согласно статистическим данным, на насосных станциях, расположенных в оросительной системе ВМК, количество используемых асинхронных двигателей (АД) низкого напряжения 0,4кВ составляет: 20,01% по районам Кушониен-100%; Леваканд-47%; Дусти-4%; Вахш-14%; Дж.Балхи-70%; Джайхун 25% и Хуросон-7% от общей доли насосов по району (см.рис 1.2.). Все электродвигатели, работающие на низком напряжении, питаются через трансформаторные пункты напряжением 10/0,4кВ или 6/0,4кВ.

Доля синхронных электродвигателей (СД) высокого напряжения в оросительной системе ВМК составляют 27,834%. Распределение по районам Леваканд-13%, Дусти-82%, Вахш-74% и Хуросон 60% от общей доли насосов по району (см.рис 1.2.).

СД низкого напряжения в данной оросительной системе вообще не применяется.

Доля асинхронных электродвигателей (АД) высокого напряжения 6-10кВ в оросительной системе ВМК составляет 52,07%. Распределение по районам: Леваканд-13%; Дусти-82%; Вахш-74% и Хуросон 60% от общей доли насосов по району (см.рисунок 2).

В оросительной системе используются следующие виды электродвигателей насосных станций оросительной системы ВМК: АД 0,4кВ-20,01%; СД 0,4кВ-0%; АД 6-10кВ-52,07% СД 6-10кВ-27,834%.

### Результаты обследования насосных станций района Кушониён

В районе Кушониен расположены каскад насосных станций «Уртабуз» и насосная станция «К.Маркса»

В каскаде Уртабуз имеются 3 насосные станции. Уртабуз-1 и 2 работают в режиме каскада на два подъёма с общим напором 46м+24м=70м. Первый подъем осуществляется с помощью первого витка насосной станции Уртабуз-1 производительностью 1,7 м³/с.

На насосной станции Уртабуз-1 установлены 8 агрегатов, 3 из которых являются высоковольтными двигателями 6кВ по 630кВт, которые подключены к трансформаторам 10/6 кВ. Насосные агрегаты 1, 7 подключены к первому трансформатору ТМ-1600/10-6кВ и агрегат 8 подключены к второму трансформатору ТМ-1600/10-6кВ (см. рис. 1.3.). Агрегаты 2,3,4,5,6 работают на напряжении 0,4кВ и подключены к трансформатору ТМ-1600/10-0,4кВ (см. таблицу 1). Кроме двигателей насосов к трансформатору 0,4кВ подключена нагрузка собственных нужд.

Таблица 1 – Технические данные насосных станций района Кушониен

Вахшский магистральный канал													
Кушониен													
№п/п	название насосной станции	год ввода в эксплуатацию	площадь орошаемых земель, Га	марка насоса	количество	тип двигателя	мощность, кВт	количество	суммарная мощность, кВт	оборот в /мин	напряжение, кВ	трансформаторы	производительность, М3/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Уртабуз №1	1964	831	20-НДС	1	А4-450Х-6УЗ	630	1	630	1000	6	ТМ-1600/10-6	1
				350-Д-90	1	АО-113-6М	250	1	250	1000	0,4	ТМ-1000/10-0,4	0,35
				350-Д-90	1	АО-113-6М	250	1	250	1000	0,4		0,35
				400-Д-190	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,45
				250Д22	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,5
				550Д22	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,5
				24ДН	1	А4-450Х-8УЗ	630	1	630	750	6	ТМ-1600/10-6	0,75
				18НДС	1	А4-450Х-6УЗ	630	1	630	1000	6		1

Окончание таблицы 1

2	Уртабуз №2	1974	149	400-Д-190	1	ГАМ-126-6	160	1	160	1000	0,4	ТМ400/10-04	0,45
				1-Д 1250-63	1	А2-92-4	110	1	110	1500	0,4		0,22
3	Уртабуз №3	1986	60	200-Д-70	1	4АМН-315-4М	250	1	250	1500	0,4	ТМ400/10-04	0,3
				Д-800-57	1	4АМН-315-4М	250	1	250	1500	0,4		0,3
4	К. Маркса	1989	54	200Д-60	3	4АМН3-155	120	3	360	1500	0,4	ТМ400/10-04	0,2
Итого								15	4000				6,37

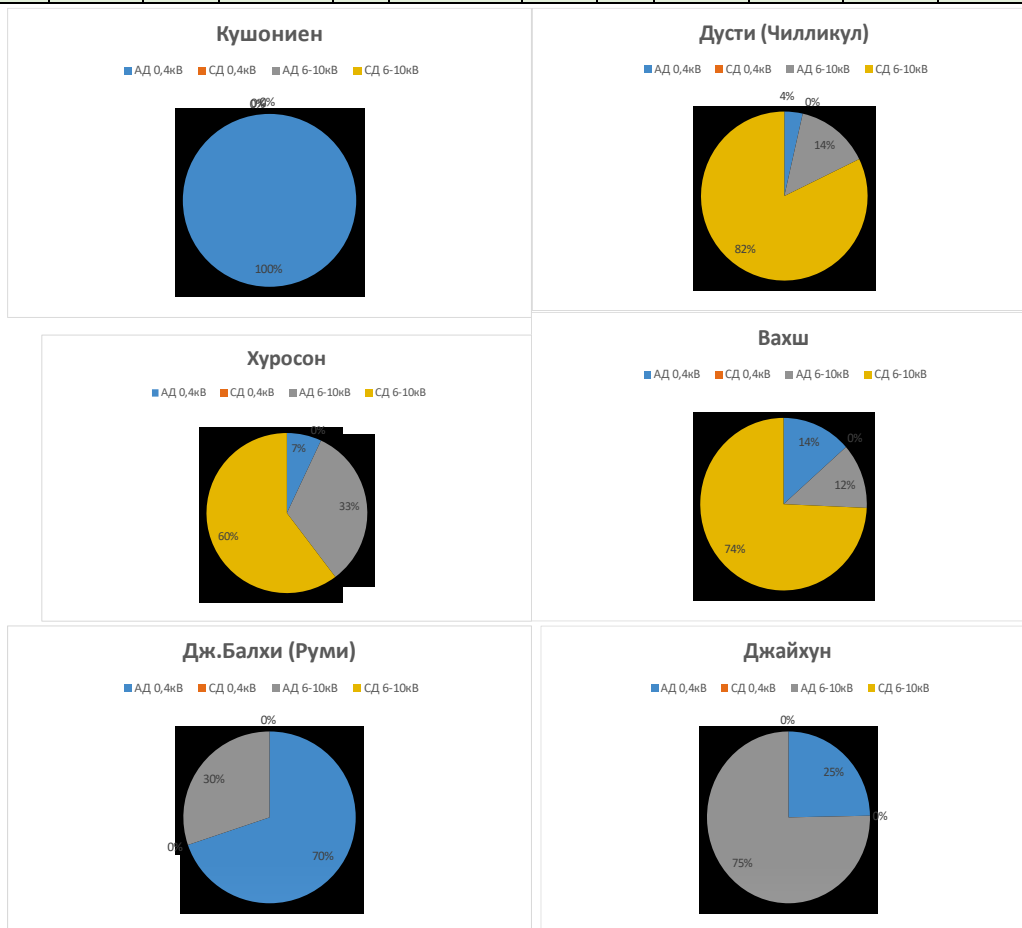


Рисунок 2 - Распределения мощности электродвигателей в зависимости от типа и класса напряжения по районам оросительной системы ВМК



Рисунок 3 – Распределительный пункт 10/6/0,4кВ насосной станции Уртабуз-1  
 а)-общий вид трансформатора ТМ-1600/10-0,4 б)-ячейка РУ 6кВ насосной станции



На насосных станциях Уртабуз 1,2,3 установлены 12 насосов с электродвигателями мощностью 3640 кВт, однако, из них в рабочем состоянии находятся только 8, мощностью 3190 кВт. Двигатели в рассматриваемых насосных станциях, как и на других станциях ВМК работают с превышением установленного срока службы -15÷20 лет. На рис. 3. приводится внешний вид двигателей насосных агрегатов 1,2 станции Уртабуз-1.



Рисунок 4 - Внешний вид электродвигателей 1,2, насосной станции Уртабуз-1 сроком службы более 50 лет

Превышение срока службы электродвигателей выше нормы приводит к снижению КПД и надёжности работы, что ведёт за собой дополнительные затраты на потери электроэнергии и ремонты двигателей [4-6].

По результатам визуального осмотра и технического документарного анализа существующих насосных станций ВМК выявлены следующие проблемы:

1. Масляные выключатели находятся в критическом состоянии (рис. 5. а);
2. Все ячейки и оборудование системы пуска и остановки электродвигателей морально и технически устаревшие;
3. Система релейной защиты и автоматики не соответствует современным требованиям правил устройства электроустановок и правилам техники эксплуатации (рис 7. а,б);
4. Система измерения и контроля параметров потребляемой электроэнергии электродвигателей (трансформаторы тока и напряжения не проверены и находятся в неудовлетворительном состоянии);
5. Контрольно-измерительные приборы частично не работают;
6. Автоматика привода затворов не работает, регулирование осуществляется вручную (рис. 6);



Рисунок 5 – а) ячейки шин РУ 6кВ



Рисунок 5 – б) внешний вид масляного выключателя 6кВ

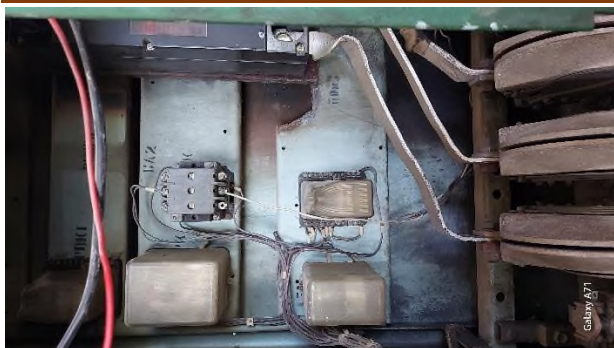


Рисунок – 6. а) Защита электродвигателя от перегрузки



б) Внешний вид контактора для пуска и остановки электродвигателя



Рисунок 7 – Внешний вид реле времени автоматики открытия и закрытия затвора



Рисунок 8– Пульт управления синхронных двигателей насосной станции Тошробод 2

Система возбуждения синхронных двигателей находится в неблагоприятном состоянии: регуляторы и система контроля за током возбуждения сломаны или плохо регулируются.

Имеются проблемы с запасными частями к высоковольтным выключателям, а также контакторами советского производства, так как завод изготовитель больше не производит подобного оборудования. Высоковольтные выключатели, используемые на насосных станциях ВМК, не соответствуют требованиям [1].

Система пуска и остановки высоковольтных синхронных и асинхронных двигателей осуществляется с помощью масляных выключателей нагрузки. Силовая система пуска и остановки подобного исполнения имеет свои недостатки. Недостатки масляных выключателей заключаются в дороговизне масла и при каждом отключении и включении масло снижает свои физико-химические свойства. Свойство масла снижается, также, за счёт появления дуги в момент коммутации.

Для анализа электрической схемы был смоделирован режим работы насосной станции «Уртабуз-1» в программном комплексе ЕТАР-19.

При моделировании процесса (см.рис 9) учтено, что трансформатор Т1 загружен на 95%, Т-2 на 46,6% и трансформатор Т-3 на 75,9%. Согласно требованиям ПУЭ, для одного отдельно работающего трансформатора коэффициент загрузки допускается до 95% от номинальной мощности. Судя по анализу коэффициентов загрузки трансформатор Т-2 не соответствует требованиям ПУЭ ниже 95%, это означает, что трансформатор работает в недогруженном режиме и потери холостого хода больше, чем потери в обмотках.

Ниже приводится однолинейная электрическая схема насосной станции Уртабуз 1 (рис.9), с моделированной в программном комплексе ЕТАР-19.

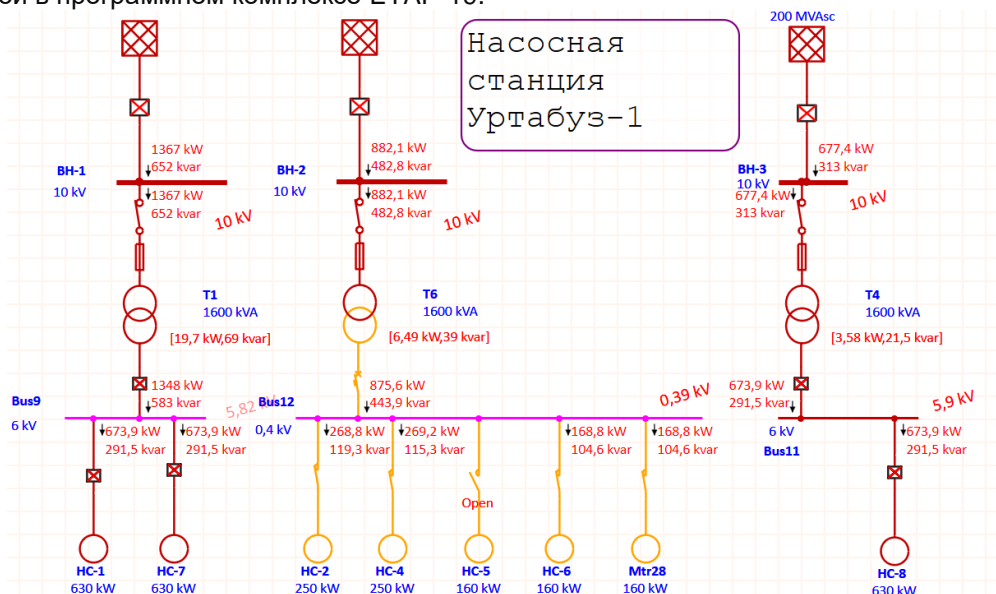


Рисунок 9 – Принципиальная однолинейная электрическая схема насосной станции Уртабуз-1

## Заключение

Согласно проведённому техническому обследованию электрической части насосных станций ВМК, выявлено, что система управления и двигатели насосов не соответствуют требованиям надёжности, эффективности и безопасности.

Требуется заменить устаревшую систему релейной защиты и автоматики насосных станций на микропроцессорную элементную базу.

Для повышения энергоэффективности насосных станций необходимо заменить все старые агрегаты насосных станций, на более эффективные агрегаты. Нужно отметить, что на некоторых насосных станциях (Уртабуз-1, Кумсангир-1, Гулистон, Кумсангир-3, и Кумсангир-4) применяются трансформаторы для снижения напряжения 10кВ на 6кВ для подключения 6кВ электродвигателей. Подобная схема электроснабжения неэффективна за счёт дополнительной установки трансформатора 10/6кВ. Можно применять вместо 6кВ-ных двигателей, двигатели на 10кВ без установки дополнительного трансформатора 10/6кВ.

Для упрощения эксплуатации насосных станций рекомендуется заменить все синхронные двигатели на асинхронные с установкой устройств компенсации реактивной мощности (батарея статических конденсаторов)

По вопросам энергоэффективности, судя по информации дежурного персонала станций, регулирование осуществляется ручным способом, без дополнительной оценки потребления энергии и расхода воды. Можно сказать, что для более энергоэффективной работы насосных станций необходимо точное регулирование скорости вращения двигателя и регулирование потребления активной и реактивной мощности

Регулирование расхода воды осуществляется путем отключения и включения двигателей насосной станции, что является неэффективным способом.

*Рецензент: Амирханов А.С. — к.т.н., декан факультета электроэнергетики Института энергетики ТШаджикистана*

## Литература

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999-2005.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304 с.

3. Шаров Ю.В., Тульский В.Н., Каргашев И.И., Назиров Х.Б., Тошев Дж.Ш. Современное состояние электрических сетей республики Таджикистан по качеству электрической энергии // Вестник Таджикского технического университета. 2012. № 4. С. 39.

4. Камолов М.М., Назиров Х.Б., Исмоилов С.Т., Джураев Ш.Д., Амирхонов А.С. Экспериментальная оценка качества электрической энергии современных коммунально- бытовых и офисных электроприемников // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 2 (46). С. 26-33.

5. Амирханов А.С., Камолов М.М., Назиров Х.Б., Исмоилов С.Т., Джураев Ш.Д. Оценка результатов моделирования распределение высших гармоник тока в системе электроснабжения алюминиевого завода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 2 (46). С. 14-20.

6. Назиров Х.Б. Разработка системы управления качеством электрической энергии в электрических сетях // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Национальный исследовательский университет МЭИ. Москва, 2012.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Раҳматуллоев Зокир Раҳмонкулович Муҳандиси пешбар	Раҳматуллоев Зокир Раҳмонкулович Ведущий инженер	Rakhmatulloev, Zokir Rakhmonkulovich Lead engineer
Филиали ҶСК “Шабакаҳои тақсимати барқ” дар ноҳияҳои тобеъи ҷумҳурӣ	Филиал ОАО «Распределительные электрические сети» в районах республиканского подчинения	Branch of OJSC "Electric Power distribution networks" in the regions of republican subordination
TJ	RU	EN
Раҳматиллоев Раҳмонқул	Раҳматиллоев Раҳмонқул	Rahmatilloev Rahmonkul
Доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншох Шотемур	Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур	Doctor of Agricultural Sciences, Professor Tajik agrarian University named Shirinsho Shotemur
e-mail: <a href="mailto:rahmonkul@gmail.com">rahmonkul@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Назиров Хуршед Бобоҳочиевич Номзади илмҳои техникӣ	Назиров Хуршед Бобоходжаевич Кандидат технических наук	Nazirov Khurshed Bobohogievich Candidate of Technical Sciences
Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқотӣ “МЭИ” дар шаҳри Душанбе	Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г.Душанбе	National Research University "Moscow Power Engineering Institute" Branch in the city of Dushanbe
e-mail: <a href="mailto:hurshed84@mail.ru">hurshed84@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Исмоилов Саидҷон Туронович Номзади илмҳои техникӣ	Исмоилов Саидҷон Туронович Кандидат технических наук	Ismoilov Saidjon Turonovich Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
e-mail: <a href="mailto:said.ttu@mail.ru">said.ttu@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ҷалилов Рустам Абдуҳамидович Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Джалилов Рустам Абдуҳамидович Кандидат технических наук, дотсент	Dzhalilov Rustam Abduhamidovich, associate professor Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
e-mail: <a href="mailto:drustam@mail.ru">drustam@mail.ru</a>		

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОДНООСЕВОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

**Б.Н. Шарифов, Ш.М. Султонзода, Х.Р. Замонов, Н.Д. Шарипов, Ф.М. Рахимов, Ш.А. Бобозода**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Введение новых технологий в энергетический сектор является важным шагом для повышения его эффективности и устойчивости. В этом процессе особую роль играют фотоэлектрические установки, которые преобразуют солнечную энергию в электричество. Эти установки представляют собой одно из ключевых направлений в переходе на возобновляемые источники энергии. Однако для того, чтобы полностью реализовать их потенциал, необходимо обеспечить оптимальное управление системой. Одним из эффективных способов достижения этой цели является использование солнечных трекеров — устройств, которые автоматически следуют за движением Солнца в течение дня. Трекеры позволяют солнечным панелям поддерживать идеальный угол наклона для максимального улавливания солнечных лучей, что значительно увеличивает их производительность по сравнению с фиксированными панелями. В результате система может генерировать больше энергии даже при тех же условиях освещенности. В данной статье рассматривается разработка программы для одноосевой системы слежения за Солнцем, которая обеспечивает автоматическое отслеживание солнечных панелей в зависимости от положения Солнца на небосклоне в течение дня. Основная цель такой системы — максимизировать захват солнечного излучения, что способствует значительному увеличению выработки электрической энергии. Такая система обеспечивает оптимальный угол наклона панелей для максимального улавливания солнечной энергии. Одноосевой трекер значительно повышает эффективность работы фотоэлектрических установок, позволяя панелям оставаться перпендикулярными к солнечным лучам, что приводит к увеличению выхода электрической мощности по сравнению с неподвижными панелями.

*Ключевые слова:* солнечная энергетика, солнечная панель, фотоэлектрическая установка, солнечные трекеры, Arduino.

### ТАҶИЯИ БАРНОМАИ СИСТЕМАИ ЯК МЕҶВАРИИ ПАЙГИРИИ ОҒТОБ

**Б.Н. Шарифов, Ш.М. Султонзода, Х.Р. Замонов, Н.Д. Шарипов, Ф.М. Раҳимов, Ш.А. Бобозода**

Ҷорӣ намудани технологияҳои нав ба баҳши энергетика як қадами муҳим барои баланд бардоштани самаранокии ва устувории он мебошад. Дар ин раванд дастгоҳҳои фотоэлектрикӣ нақши махсус доранд, ки энергияи офтобро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳанд. Ин дастгоҳҳо яке аз самтҳои асосии гузариш ба энергияи барқароршаванда мебошанд. Аммо, барои пурра амалӣ кардани потенциали онҳо, бояд идоракунии оптималии системаро таъмин кард. Яке аз роҳҳои муассири расидан ба ин ҳадаф истифодаи трекерҳои офтобӣ мебошад. Трекерҳо ба панелҳои офтобӣ имкон медиҳанд, ки кунҷи комилро барои ба ҳадди аксар расонидани нури офтоб нигоҳ доранд ва иҷрои онҳоро дар муқоиса бо панелҳои собит ба таври назаррас афзоиш диҳанд. Дар натиҷа, система метавонад ҳағто дар ҳама шароити рӯшноӣ нерӯи бештар энергияи электрикӣ тавлид кунад. Дар ин мақола таҳияи барномаи барои системаи пайгирии офтобӣ як меҷварӣ баррасӣ мешавад, ки пайгирии автоматии панелҳои офтобиро вобаста ба мавқеи офтоб дар осмон дар давоми рӯз таъмин мекунад. Мақсади асосии ҷунин система ба ҳадди аксар расонидани гирифтани радиатсияи офтоб мебошад, ки ба афзоиши назарраси истеҳсоли энергияи электрикӣ мусоидат мекунад. Ҷунин система кунҷи оптималии панелҳоро барои гирифтани максимум энергияи офтоб таъмин мекунад. Трекери як меҷвара самаранокии қори дастгоҳҳои фотоэлектрикӣ ба таври назаррас баланд мебардорад, ки ин ба афзоиши тавлиди энергияи электрикӣ дар муқоиса бо панелҳои ҳаракатнопазир оварда мерасонад.

*Калидвожаҳо:* энергетикаи офтобӣ, панелҳои офтобӣ, дастгоҳи фотоэлектрикӣ, трекерҳои офтобӣ, Arduino.

### DEVELOPMENT OF A SINGLE-AXIS SUN TRACKING SYSTEM PROGRAM

**B.N. Sharifov, Sh.M. Sultonzoda, H.R. Zamonov, N.D. Sharipov, F.M. Rahimov, S.A. Bobozoda**

The introduction of new technologies in the energy sector is an important step to improve its efficiency and sustainability. Photovoltaic installations, which convert solar energy into electricity, play a special role in this process. These installations are one of the key areas in the transition to renewable energy sources. However, in order to fully realize their potential, it is necessary to ensure optimal system management. One of the effective ways to achieve this goal is to use solar trackers - devices that automatically follow the movement of the Sun throughout the day. Trackers allow solar panels to maintain an ideal tilt angle to maximize the capture of sunlight, which significantly increases their productivity compared to fixed panels. As a result, the system can generate more energy even under the same lighting conditions. This article discusses the development of a program for a single-axis solar tracking system that provides automatic tracking of solar panels depending on the position of the Sun in the sky during the day. The main goal of such a system is to maximize the capture of solar radiation, which contributes to a significant increase in electrical energy production. This system ensures the optimal tilt angle of the panels for maximum solar energy capture. The single-axis tracker significantly increases the efficiency of photovoltaic installations by allowing the panels to remain perpendicular to the sun's rays, resulting in increased electrical power output compared to fixed panels.

*Keywords:* solar energy, solar panel, photovoltaic equipment, solar trackers, Arduino.

### Введение

В настоящее время спрос на энергию растет с каждым годом и уже существующие энергоресурсы, включая тепловые, водные, атомные и газовые, не в состоянии удовлетворить спрос. Кроме того, современная тенденция развития мировой энергетики идет по пути отказа от атомной и углеводородной энергетики к возобновляемой. На данный момент большое внимание уделяется использованию солнечной энергии, которая является возобновляемым источником энергии. Преимущество солнечной энергии заключается в ее возобновляемости. Для повышения эффективности солнечной фотоэлектрической системы можно использовать два подхода: улучшение коэффициента полезного действия (КПД) солнечных элементов

и внедрение системы слежения за солнечными лучами [1]. Системы слежения обеспечивают максимальную мощность фотоэлектрической установки, ориентируя панели так, чтобы солнечные лучи падали на них перпендикулярно [2-6], что является оптимальным углом для максимальной генерации энергии.

Основной проблемой является то, что солнечное излучение зависит от условий окружающей среды, которые нельзя контролировать. Однако правильное использование солнечного света возможно благодаря системам слежения, которые позволяют удерживать солнечные панели в оптимальном положении относительно солнца в течение дня, что значительно увеличивает эффективность системы [3-5].

Введение эффективной системы слежения позволяет не только увеличивать количество поглощаемого солнечного света, но и, как следствие, повышать общую производительность и эффективность всей фотоэлектрической установки. В этом контексте системы слежения за Солнцем становятся важным инструментом для улучшения эффективности солнечных панелей [4-10]. В данной статье рассматривается разработка и внедрение одноосевой системы слежения за Солнцем, основанной на использовании датчиков, микроконтроллера Arduino Uno и сервомотора. Основная цель проекта — создать систему, которая автоматически настраивает положение солнечной панели для максимального захвата солнечного света, что позволит повысить её производительность и общую эффективность работы солнечной энергетики.

Одноосевая система слежения за солнцем — это механизм, который позволяет солнечным панелям автоматически следовать за движением Солнца по небосклону в течение дня. Это помогает максимизировать количество солнечной энергии, которую панель может улавливать, и, соответственно, повышает её эффективность.

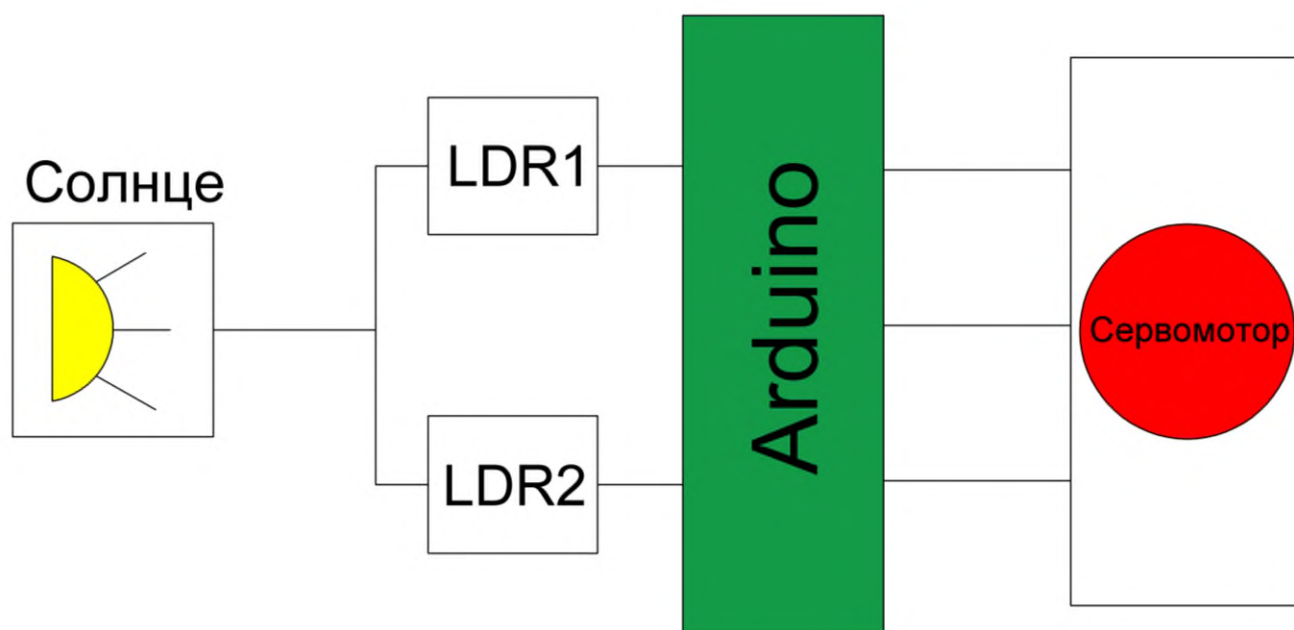


Рисунок 1 – Функциональная схема солнечного трекера

### Основные компоненты одноосевой системы слежения

**Солнечная панель:** Основной элемент, который преобразует солнечную энергию в электричество.

**Сервомотор:** Управляет углом наклона панели. Он получает команды от микроконтроллера и изменяет положение панели в зависимости от положения Солнца.

**Фоторезисторы или фотоэлементы:** Датчики, которые измеряют уровень солнечного света с разных сторон панели. Они помогают определить, где находится Солнце.

**Микроконтроллер Arduino:** Принимает данные от фоторезисторов, обрабатывает их и отправляет команды на сервомотор для корректировки положения панели. Этот выбор обусловлен функциональностью, доступностью, ценой и простотой работы. С Arduino пользователи могут измерить изменения в окружающей среде с помощью различных датчиков с данной платформой. Назначение микроконтроллера — контролировать положение сервомотора.

### Принцип работы

Фоторезисторы фиксируют уровень солнечного света с различных сторон панели. Используются два фоторезистора (LDR1, LDR2) расположенных по бокам панели. подключены к аналоговому выводу Arduino

A1 — A2, который служит входом для системы. Встроенный аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговое значение LDR и преобразует его в цифровое. Микроконтроллер считывает показания фоторезисторов и сравнивает их. Если один из датчиков фиксирует более высокое значение света, это указывает на то, что Солнце находится в стороне, противоположной этому датчику. На основе разницы в показаниях света микроконтроллер посылает команды на сервомотор для изменения угла наклона панели. Панель поворачивается таким образом, чтобы максимально эффективно ловить солнечный свет. Система периодически повторяет процесс, корректируя положение панели по мере движения Солнца по небосклону.

**Алгоритм и программная реализация предложенного метода слежения**

Внедрения интеллектуальных систем управления способствуют повышению эффективности и надёжности фотоэлектрических установок. Поэтому руководствуясь Национальной Стратегией развития Республики Таджикистан на период до 2030 года для энергетического сектора, в котором поставлена задача повышения энергетической эффективности и управляемость всех секторов национальной экономики, разработана программа для солнечного трекера, способствующая повышению эффективности генерации солнечной энергии в фотоэлектрической установке. Алгоритм программы представлен на рисунке 2.

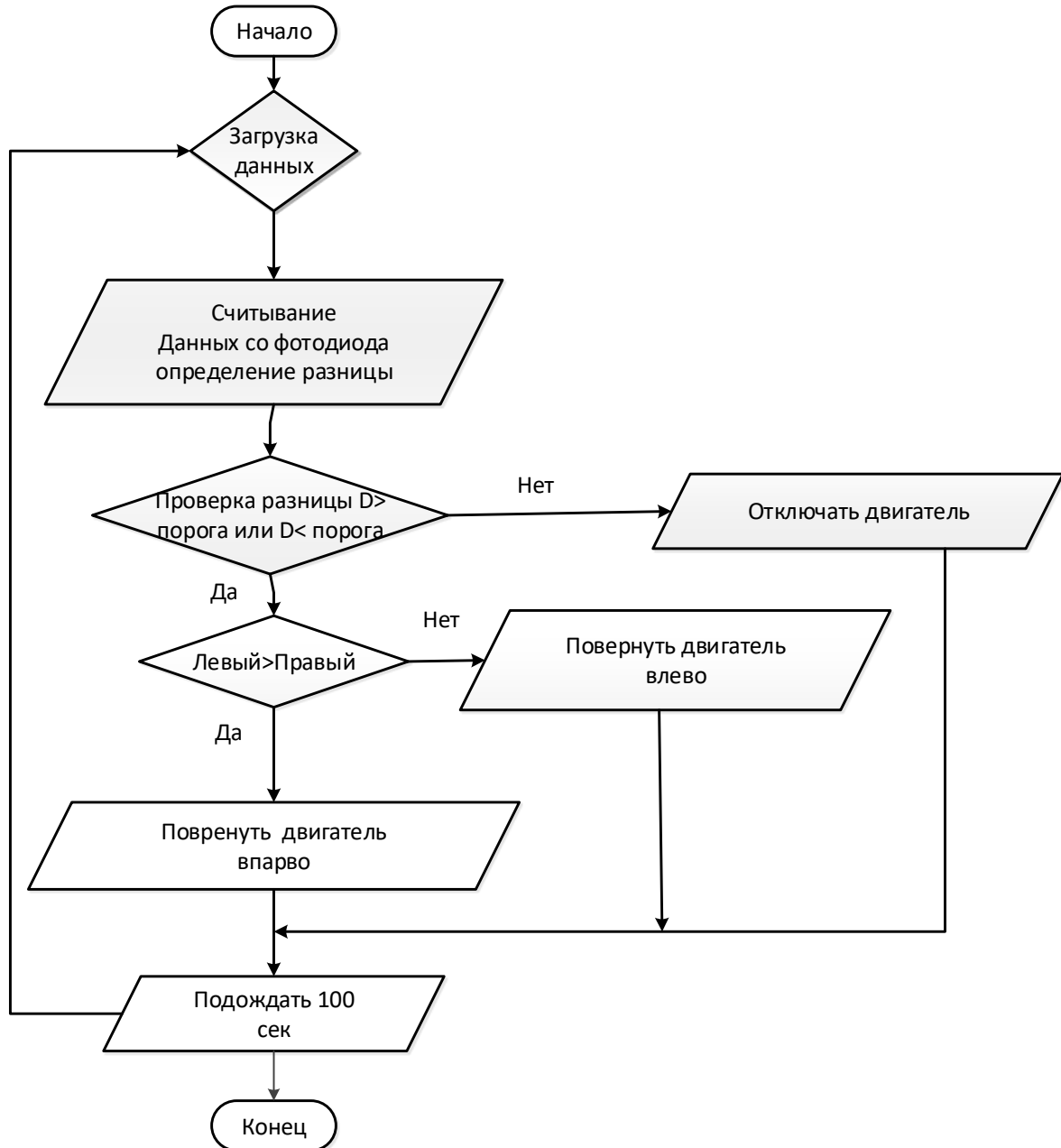


Рисунок 2 – Алгоритм программы одноосевого солнечного трекера

**Программа одноосного солнечного трекера на базе arduino**

Схема:

- Реле управления, цифровые выходы 12 и 13
- Две кнопки, подключенные к цифровым контактам 2 и 3 от +5 В
- Резистор 10 кОм, подключенный к цифровым контактам 2 и 3 от земли
- Два фотодиода LDR, подключенные к аналоговым входам A0 и A1

\*/

// Константы не изменяются. Они используются здесь для установки номеров пинов:

```
const int relayPinL = 12; // номер реле слева
```

```
const int relayPinR = 13; // номер реле справа
```

```
// Соединения LDR и кнопок
```

```
// name = analogpin;
```

```
const int ldrL = A1; //левый фоторезистор
```

```
const int ldrR = A2; //правый фоторезистор
```

```
// переменные изменяются:
```

```
void setup() {
```

```
  // инициализируйте контакт реле как выход:
```

```
  pinMode(relayPinR , OUTPUT);
```

```
  pinMode(relayPinL , OUTPUT);
```

```
  // инициализируйте контакт кнопки как вход:
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  // считывание состояния кнопки L значение:
```

```
  int left = analogRead(ldrL); // left
```

```
  int right = analogRead(ldrR); // right
```

```
  const int tol = 70 ; //допуск между показаниями LDR
```

```
  int dhoriz = right - left; // проверка разницы между левыми и правыми датчиками
```

```
  if (-tol > dhoriz || dhoriz > tol) {
```

```
    if (left > right) {
```

```
      // сопротивление слева больше, чем справа
```

```
      digitalWrite(relayPinL, LOW);
```

```
      digitalWrite(relayPinR, HIGH);
```

```
    }
```

```
    else {
```

```
      // сопротивление справа больше, чем слева
```

```
      digitalWrite(relayPinR, LOW);
```

```
      digitalWrite(relayPinL, HIGH);
```

```
    }
```

```
  }
```

**Преимущества одноосевых систем**

Одноосевая система слежения за Солнцем может повысить выработку солнечной энергии на 20-30% по сравнению с неподвижными панелями. Это достигается благодаря тому, что панель постоянно



ориентируется на Солнце, обеспечивая оптимальный угол для улавливания солнечных лучей. Одним из ключевых преимуществ одноосевой системы является её простота и доступность. Она дешевле в производстве и установке по сравнению с двухосевыми системами, которые отслеживают движение Солнца по двум осям. Еще одним преимуществом является более низкое энергопотребление на управление трекером, так как одноосевая система требует меньше электроэнергии для поворота панелей. При этом одноосевые трекеры особенно эффективны в регионах, где Солнце движется преимущественно по одной дуге, и не требуется отслеживание высоты его положения. Кроме того, в одноосевой системе меньше движущихся частей, что снижает вероятность поломок и уменьшает затраты на обслуживание. Это делает её более надежным и экономически выгодным вариантом для улучшения производительности солнечных установок, особенно в условиях, где двухосевые системы могут быть излишне сложными и дорогими.

## Заключение

Предлагаемая одноосевая система слежения за Солнцем представляет собой инновационное решение для повышения эффективности использования солнечной энергии. Она автоматически отслеживает движение Солнца в течение дня с помощью программируемого контроллера на базе платформы Arduino, оптимизируя захват солнечного излучения. Основным преимуществом такой системы является способность солнечной панели постоянно находиться в оптимальном положении для максимального поглощения солнечного излучения. В отличие от стационарных панелей, которые не меняют своего положения, одноосевой трекер позволяет динамически адаптировать угол наклона панели в зависимости от положения Солнца на небе. Это существенно повышает выходную электрическую мощность, так как система всегда ориентирована перпендикулярно к солнечным лучам, что является наиболее эффективным положением для генерации энергии.

В результате внедрения одноосевой системы слежения за Солнцем можно достичь значительного увеличения производительности фотоэлектрической установки. Это не только улучшает общий выход энергии, но и способствует снижению затрат на электроэнергию, делая солнечную установку более экономически выгодной.

*Рецензент: Каримзода Д. Дж., — к.ф.-м.н., доцент кафедры «Алгебра теории чисел» Таджикского национального университета*

## Литература

1. S. B. Elagib, N. H. Osman, Design and Implementation of Dual Axis Solar Tracker based on Solar Maps, October 2013.
2. C. Alexandru and M. Comșîț, Virtual prototyping of the solar tracking systems, March 2007.
- Шарифов Б.Н. Анализ современных систем управления отслеживанием максимальной мощности фотоэлектрических установок / Б.Н. Шарифов, Н.Д. Шарипов, А.А. Давлатов // Международная научно –практическая конференция «Энергетика: Состояние и Перспективы Развития». – Душанбе ЦИ и П ТТУ имени академика М.С. Осими, 2023 г. С 543 – 547. ISBN 978-99985-852-1-8.
- Белавев П.А., Сивеев Т.М., Методы определения точки максимальной мощности фотоэлектрических батарей / П.А. Беляев, Т.М., Сивеев // Столыпинский вестник – 2022 – №9. С. – 4983 – 4990.
5. Шарифов Б.Н. Интеллектуальная система управления фотоэлектрической установкой / Б.Н. Шарифов, А.А. Давлатов, Э.А. Чалолзода // Международная научно –практическая конференция «Энергетика: Состояние и Перспективы Развития». – Душанбе ЦИ и П ТТУ имени академика М.С. Осими, 2023 г. С 547 – 550. ISBN 978-99985-852-1-8.
6. Шарифов Б.Н. Построение системы управления фотоэлектрической установки на основе методов нечеткой логики / Б.Н. Шарифов // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. №4 (64) – С. 18-23.
7. Berberi, P., S. Thodhorjani, P. Hoxha, and V. Muda. Photovoltaics: between a bright outlook and uncertainty. Energy Sci. Eng. 1:72–80. 2013.
8. Chakraborty, S., P. K. Sadhu, and N. Pal. Technical mapping of solar PV for ISM — an approach. 2015.

9. Kanimozhi, S. and Senthilkumar G., Arduino Uno based Maximum Power Point Tracking System by the Optimization of Solar Energy, International Journal of Electronics, Electrical and Computational System IJECS, 6(6):368–377. 2017.

10. Kuvshinov, V.V., Abd Ali, L.M., Kakushina, E.G. et al. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223–228 <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Шарифов Бохирҷон Насруллоевич	Шарифов Бохирдҷон Насруллоевич	Sharifov Bohirjon Nasrulloevich
ассистент	ассистент	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
e.mail: <a href="mailto:Bohir.sharifov89@gmail.com">Bohir.sharifov89@gmail.com</a>		
ORCID Id: 0000-0003-1998-8306		
TJ	RU	EN
Султонзода Шерхон Муртазо	Султонзода Шерхон Муртазо	Sultonzoda Sherkhon Murtazo
н.и.т., дотсент	к.т.н., дотсент	candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
e.mail: <a href="mailto:sultonzoda.sh@mail.ru">sultonzoda.sh@mail.ru</a>		
ORCID Id: 0000-0003-2322-5272		
TJ	RU	EN
Замонов Ҳотамҷон Рустамович	Замонов Хотамдҷон Рустамович	Zamonov Hotamjon Rustamovich
донишҷӯӣ	студент	student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:hotamzamonov.tj@gmail.com">hotamzamonov.tj@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Шарипов Нурулло Давлатбекович	Шарипов Нурулло Давлатбекович	Sharipov Nurullo Davlatbekovich
ассистент	ассистент	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:nurullo928@gmail.com">nurullo928@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Рахимов Фирдавс Мирзоумарович	Рахимов Фирдавс Мирзоумарович	Rahimov Firdavs Mirzoumarovich
н.и.т.	к.т.н	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:rm-firdavs@mail.ru">rm-firdavs@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Бобозода Шукруллох Абдугафор	Бобозода Шукруллох Абдугафор	Bobozoda Shukrulloh Abdugafor
ассистент	ассистент	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:shukrullohbobozoda3@gmail.com">shukrullohbobozoda3@gmail.com</a>		

УДК 621.311

## УЧЁТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

С.Р. Ниёзи

Министерство образования и науки Республики Таджикистан

В работе показано влияние высших гармоник тока и напряжения на увеличение дополнительных потерь мощности в электрических сетях содержащих линии электропередач, трансформаторы и нелинейную нагрузку, которая генерирует высшие гармоники тока и, соответственно, напряжения. Результаты расчёта по разработанному алгоритму показали, что высшие гармоники вызывают дополнительные потери: в ЛЭП – от 0 до 56,8 %; в трансформаторах – от 0 до 50,4 % от суммарных потерь мощности.

**Ключевые слова:** дополнительные потери, элементы электрической сети, высшие гармоники.

### БА ҲИСОБИРИИ ТАЛАФОТИ ИЛОВАГИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ШАБАКАҲОИ ЭЛЕКТРИКӢ

С.Р. Ниёзи

Дар мақола таъсири гармоникаҳои олии ҷараён ва шиддат ба зиёд шудани талафоти иловагии иқтидор дар шабакаҳои электрикӣ, ки дорои хати интиқоли барқ, трансформатор ва бори ғайрихаттӣ, ки манбаи гармоникаҳои олии ҷараён ва инчунин шиддат мебошад нишон дода шудааст. Натиҷаҳои ҳисоб дар асоси алгоритми коркард кардашуда нишон доданд, ки талафоти иқтидор аз ҳисоби гармоникаҳои олии ҷараён ва шиддат – аз 0 то 56,8%; дар трансформатор – аз 0 то 50,4% - ро ташкил медиҳанд.

**Калидвожаҳо:** талафоти иловагии, элементҳои шабакаҳои электрикӣ, гармоникаҳои олии.

### ACCOUNTING FOR ADDITIONAL POWER LOSSES IN NON-SINUSOIDAL OPERATING MODES OF ELECTRIC NETWORKS

S.R. Niyoz

The paper shows the influence of higher harmonics of current and voltage on the increase of additional power losses in electric networks containing power transmission lines, transformers and non-linear loads that generate higher harmonics of current and, accordingly, voltage. The results of calculations according to the developed algorithm showed that higher harmonics cause additional losses: in power transmission lines - from 0 to 56,8%; in transformers - from 0 to 50,4 %.

**Keywords:** additional losses, electrical network elements, higher harmonics.

#### Введение

Практически, на шинах электрических станций генерируемая энергия имеет синусоидальную форму кривых тока и напряжения. При передаче электрической энергии (ЭЭ) к потребителям форма кривой напряжения искажается. Это связано с тем, что современные электроприёмники (ЭП) зачастую имеют нелинейную вольтамперную характеристику (далее «нелинейная нагрузка») [1], из-за наличия преобразовательных установок, полупроводниковых элементов, газоразрядных источников света, электроники и т.п. Нелинейная нагрузка генерирует высшие гармоники тока, что вызывает искажение кривой напряжения. В последние годы количество потребителей с нелинейной нагрузкой возросло. Это приводит к тому, что происходит увеличение высших гармоник тока и, соответственно, искажению формы кривой напряжения. Необходимо отметить, что в электрических сетях имеются такие ЭП и электрооборудования (ЭО), которые чувствительны к увеличению уровня высших гармоник тока (ВГТ) [1 – 4]. Это приводит к появлению дополнительных потерь из-за наличия ВГТ. Этот фактор говорит о том, что в структуре потерь мощности необходимо учитывать также дополнительные потери, вызванные ВГТ.

Таким образом, вопросы расчета и измерения токов, напряжений и мощностей в сетях с нелинейной нагрузкой весьма актуальны. Вопросы влияния высших гармонических составляющих тока и напряжения на основные элементы рассмотрены в работах [2, 3]. Отрицательные факторы влияния ВГТ на различные виды электрооборудования показаны на рисунке 1.

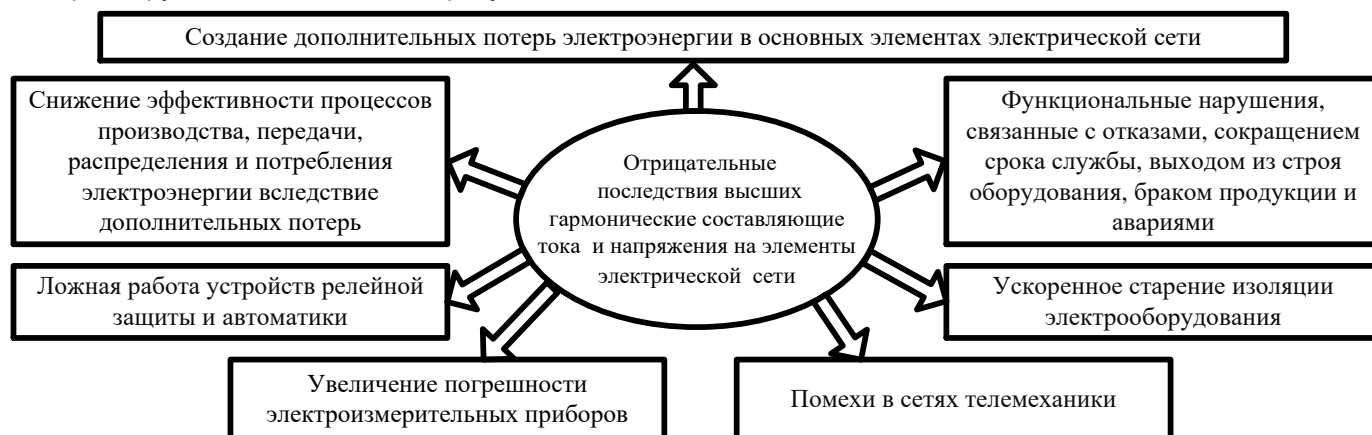


Рисунок 1 – Отрицательные факторы влияния высших гармонических составляющих тока и напряжения на элементы электрической сети

### Постановка задачи и объект исследования

В результате повсеместного увеличения электропотребления, задача снижения потерь является актуальной, в этом плане снижение дополнительных потерь возможно, зная их структуру и применив соответствующие организационные мероприятия или технические средства для компенсации ВГТ. Для определения дополнительных потерь необходимо вычислить их в элементах электрической сети. Ориентировочная структура сети показана на рисунке 2.

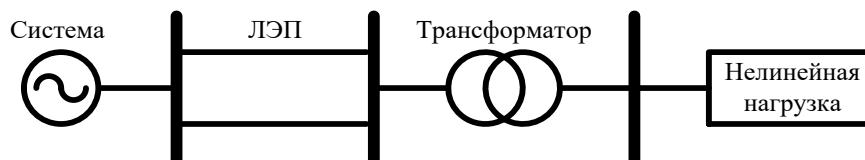


Рисунок 2 – Структура объекта исследования

### Расчёт дополнительной потери мощности в элементах электрических сетей

Расчёт дополнительных потерь производим в соответствии со структурой объекта:

- линия электропередач;
- трансформатор;
- присоединённая нелинейная нагрузка и электрические машины;
- батареи статических конденсаторов и фильтрокомпенсирующие устройства.

Линии электропередачи (ЛЭП). Дополнительные потери активной мощности в линии из-за наличия ВГТ в соответствии [1] определяются следующим образом:

$$\Delta P_{\text{доп}\Sigma n}^{\text{ЛЭП}} = 3 \cdot \sum_{n=2}^m I_n^2 \cdot R_1 \cdot k_{In} \quad (1)$$

где,  $n$  — порядковый номер гармоники;  $m$  — число, учитывающее количество гармоник;  $I_n$  —  $n$ -ая гармоническая составляющая тока;  $R_1$  — активное сопротивление линии на основной частоте;  $k_{In}$  — коэффициент, учитывающий влияние поверхностного эффекта, как правило, его принимают равным,  $k_{In} = 0,47 \cdot \sqrt{n}$ .

Следует отметить, что в работах ряда отдельных авторов, достаточное внимание уделено уточнению параметров ЛЭП на частотах высших гармоник [4-6].

Силовые трансформаторы. Дополнительные потери активной мощности от ВГТ в трансформаторах выражаются следующей формулой:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп}(n)}^{\text{ТР}} = 3 \cdot \sum_{n=2}^m I_n^2 \cdot R_{k1} \cdot k_{mn} \quad (6)$$

где,  $I_n$  — ток  $n$ -й гармоники, проходящей через трансформатор;  $R_{k1}$  — сопротивление короткого замыкания трансформатора на основной частоте;  $k_{mn}$  — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления короткого замыкания для высших гармоник, вследствие влияния поверхностного эффекта и эффекта близости.

Синхронные машины (СМ). В СМ дополнительные потери мощности, как и, основные потери можно разделить на основные и дополнительные [4]. К основным потерям относятся потери в меди обмоток и в активной стали от основного потока мощности, а также механические потери, а к дополнительным потерям относятся потери от ВГТ, несимметрии и т.п. Существует метод определения дополнительных потерь из-за ВГТ ( $\Delta P_{\Sigma n}$ ) по кривым приведенным в [4]. В соответствии с данным методом, кривые на которых представлены отношения потерь  $\Delta P_{\text{доп}n}$  при напряжении равном 1 % от напряжения основной частоты, к суммарным номинальным потерям  $\Delta P_{\text{ном}}$ , определяются дополнительные потери мощности от ВГТ. Следует отметить, что при расчете дополнительных потерь мощности от ВГТ учитываются токи до частот 650 Гц, так как величины токов на частотах больше 650 Гц очень маленькие и существенно не влияют на результат суммарных потерь мощности. Однако существуют такие электрические сети, где в их составе имеются мощные источники ВГТ или резонансные условия на более высоких частотах (в соответствии [8] достаточно

учитывать до частоты 2000 Гц) наблюдаются большие значения высших гармоник тока и напряжения частотой более 650 Гц до 2000 Гц [5].

По методике предложенной в [4], дополнительные потери в синхронных машинах из-за ВГТ  $\Delta P_{\Sigma n}$  можно определить следующим образом:

$$\Delta P_{\text{доп.}\Sigma n}^{\text{СМ}} = \sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.м}(n)}^{\text{СМ}} + \sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.ст}(n)}^{\text{СМ}} + \sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.тор}(n)}^{\text{СМ}} \quad (2)$$

где,  $\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.м}(n)}^{\text{СМ}}$  — дополнительные потери в меди;  $\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.ст}(n)}^{\text{СМ}}$  — дополнительные потери в стали;

$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.тор}(n)}^{\text{СМ}}$  — мощность, идущая на преодоление тормозного момента.

Дополнительные потери в меди определяются как:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.м}(n)}^{\text{СМ}} = I_{\Pi}^2 \cdot \Delta P_{\text{к}(n)} \cdot \sum_{n=2}^m \left( \frac{U_n}{U_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot \frac{\sqrt{n+k'} \cdot \sqrt{n \pm 1}}{n^2} \quad (3)$$

где,  $l_{\Pi}$  — кратность пускового тока при номинальном напряжении основной частоты;  $\Delta P_{\text{к}(n)}$  — потери короткого замыкания;  $U_n$  — действующие значения  $n$ -х высших гармоник напряжения;  $k' = R'_{23}/R_1$  — отношение эквивалентного сопротивления ротора к сопротивлению статора.

Дополнительные потери в стали определяются:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.ст}(n)}^{\text{СМ}} = \Delta P_{\text{ст.НОМ}} \cdot \sum_{n=2}^m \left( \frac{U_n}{U_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{n^{0,7}} \quad (4)$$

где,  $\Delta P_{\text{ст.НОМ}}$  — номинальные потери в стали электрической машины при номинальном напряжении.

Мощность для преодоления тормозного момента определяется:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.тор}(n)}^{\text{СМ}} = I_{\Pi}^2 \cdot \Delta P_{\text{НОМ.0}} \cdot \sum_{n=2}^m \left( \frac{U_n}{U_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot \frac{M_{\Pi}}{M_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{1}{n^2 \cdot \sqrt{n \pm 1}} \quad (5)$$

где,  $M_{\Pi}$  и  $M_{\text{НОМ}}$  — пусковой и номинальный моменты синхронной машины.

Более подробно расчеты дополнительных потерь в электрических машинах от ВГТ приведены в [5 – 7].

Батареи конденсаторов и фильтрокомпенсирующие устройства. Увеличение потерь в конденсаторах, обусловленное искажением питающих напряжений, составляет незначительную долю в суммарных потерях, возникающих в электрических сетях и у потребителей. При несинусоидальном напряжении на зажимах батареи конденсаторов в диэлектрике появляются активные потери, обусловленные высшими гармониками, которые находят по формуле [1]:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.}(n)}^{\text{БСК}} = \omega \cdot \sum_{n=2}^m U_n^2 \cdot n \cdot \tan \delta_n \cdot C \quad (7)$$

где,  $U_n$  — напряжение  $n$ -й гармоники;  $C$  — электрическая емкость конденсаторной установки;  $\omega$  — угловая частота;  $\text{tg} \delta_n$  — тангенс потерь диэлектрика на  $n$ -й гармонике.

В соответствии с [1] дополнительные потери в LC-фильтре  $\Delta P_{\text{доп.}(n)}^{\text{ФКУ}}$  от ВГТ слагаются из потерь в реакторе и потерь в батарее конденсаторов на частотах гармоник, на которые настроен фильтр. Потерями от остальных ВГТ, проникающих в фильтр, можно пренебречь:

$$\sum_{n=2}^m \Delta P_{\text{доп.}(n)}^{\text{ФКУ}} = \omega \cdot \sum_{n=2}^m I_n^2 \cdot X_p \cdot \left( n \cdot \text{tg} \delta_p + \sqrt{n} \cdot \text{ctg} \varphi_p \right) \quad (8)$$

где,  $I_n$  — ток  $n$ -й гармоники, проходящий через фильтр;  $X_p, R_p$  — реактивное и активное сопротивление реактора;  $\text{ctg}\varphi_p = R_p/X_p$  — котангенс угла  $\varphi_p$  реактора.

На рисунке 3 приведён алгоритм расчёта дополнительных потерь мощности из-за влияния ВГТ.

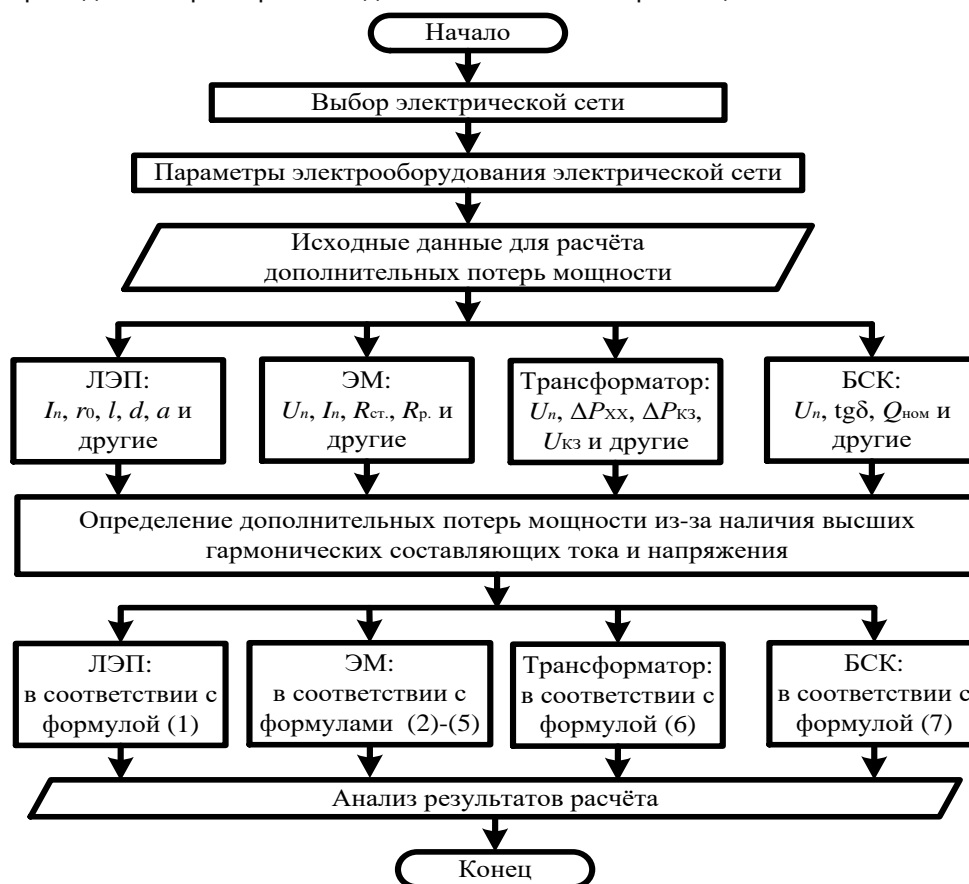


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма определения дополнительных потерь мощности от ВГТ в основных элементах электрических сетей

Проведенный анализ методик расчета дополнительных потерь от несинусоидальности питающего напряжения и приведенные формулы (1)–(7) легли в основу разработки алгоритма (рис. 3).

### Пример расчёта дополнительных потерь мощности при наличии вГТ

Рассмотрим пример расчета дополнительных потерь в элементах электрической сети от высших гармоник тока и напряжения. В качестве примера рассмотрим электрическую сеть представленную на рисунке 2, при различных значениях суммарного коэффициента гармонических составляющих тока  $k_I = (I_n/I_1) \cdot 100\%$  [8]. Рассмотрим изменения величин потерь мощности, если значения  $k_I$  колеблются в пределах от 0 до 100%. Принимаем следующие параметры электрической сети для расчёта дополнительных потерь мощности:

Номинальное напряжение сети:  $U_{ном} = 110$  кВ;

Передаваемая активная мощность:  $P_{пр} = 40$  МВт;

Коэффициент мощности:  $\cos\varphi = 0,9$ ;

Активное сопротивление ЛЭП:  $R_{1\text{ЛЭП}} = 2$  Ом;

Активное сопротивление трансформатора:  $R_{1\text{кТр}} = 8$  Ом;

Основные потери в ЛЭП:  $\Delta P_{осн.\text{ЛЭП}} = 331$  кВт;

Основные потери в трансформаторе  $\Delta P_{осн.\text{Тр}} = 1322$  кВт;

Основные потери в электрической сети:  $\Delta P_{осн.\text{сеть}} = 1653$  кВт.

Результаты расчёта дополнительных потерь мощности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта дополнительных потерь мощности в электрических сетях при несинусоидальных режимах

$K_1$ , %	$K_{13}$ , %	$K_{15}$ , %	$K_{17}$ , %	$K_{19}$ , %	$K_{111}$ , %	$K_{113}$ , %	$K_{13}$ , %	$\Delta P_{\text{доп. ЛЭП}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{доп. гр.}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{доп. сеть}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{доп. *сеть}}$ , о.е.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7	5,5	3,4	2,55	1,35	1,2	7	2	7	9	0,005
20	14	11	6,8	5,1	2,7	2,4	14	8	27	34	0,021
30	21	16,5	10,2	7,65	4,05	3,6	21	17	60	77	0,047
40	28	22	13,6	10,2	5,4	4,8	28	30	107	137	0,083
50	35	27,5	17	12,75	6,75	6	35	47	167	214	0,129
60	42	33	20,4	15,3	8,1	7,2	42	68	240	307	0,186
70	49	38,5	23,8	17,85	9,45	8,4	49	92	327	418	0,253
80	56	44	27,2	20,4	10,8	9,6	56	120	427	547	0,331
90	63	49,5	30,6	22,95	12,15	10,8	63	152	540	692	0,419
100	70	55	34	25,5	13,5	12	70	188	666	854	0,517

Из результатов расчёта видно, что с ростом суммарного коэффициента гармонических составляющих тока ( $K_I$ ) и коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей тока ( $K_{I(n)}$ ) наблюдается увеличение дополнительных потерь мощности от ВГТ, как в ЛЭП, так и в трансформаторе. Для иллюстрации данной картины на рисунке 4 показан график зависимости дополнительной потери активной мощности от значения  $K_I$ . При построении графика по оси ординат указаны дополнительные потери мощности в относительных единицах по отношению к суммарной потере мощности, а по оси абсцисс указано изменение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока в процентах.

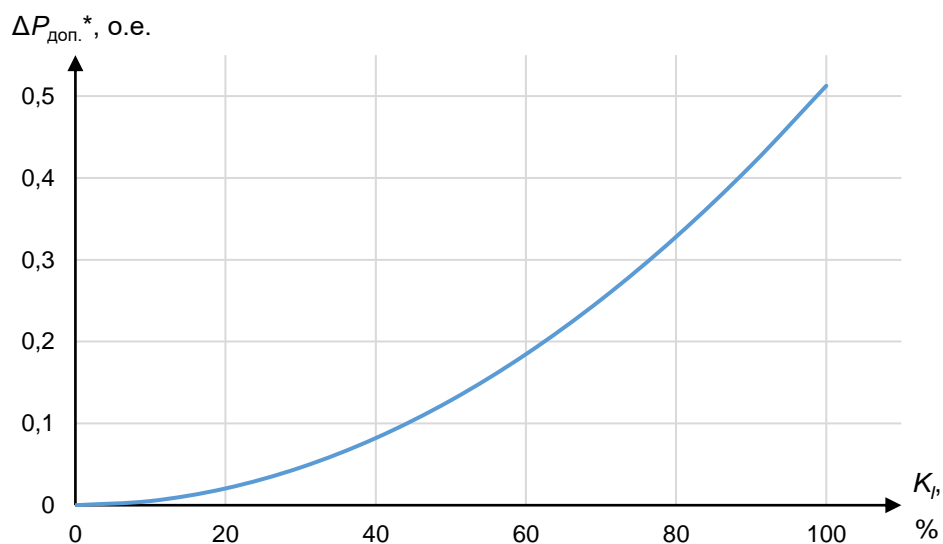


Рисунок 4 – Зависимость изменения дополнительной потери мощности в электрических сетях от значения суммарной мощности суммарного коэффициента гармонических составляющих тока ( $K_I$ )

## Выводы

Таким образом, в данной работе на основе существующих методик определения дополнительных потерь мощности разработан алгоритм определения дополнительных потерь мощности от ВГТ в основных элементах электрических сетей. Доказано, что с ростом увеличения доли нелинейной нагрузки, в составе потребителей электрической энергии, увеличивается значение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока. На основе разработанного алгоритма приведен численный расчёт для определения дополнительных потерь мощности из-за ВГТ. Результаты расчётов показывают, что при росте нелинейной нагрузки, в составе потребителей, доля дополнительных потерь мощности из-за ВГТ от суммарных потерь мощности рассматриваемой сети составляет до 51,7 %.

Рецензент: Джурев Ш.Дж. — к.т.н., ст. преподаватель кафедры электроэнергетики ДФ ФНУ «МЭИ»

## Литература

1. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов, Ю.В. Шаров, Р.Р. Насыров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 346 с.
2. Гидалевич, Е. Д. Упрощенный расчет мощности потерь в косинусных конденсаторах при несинусоидальном напряжении / Е. Д. Гидалевич // Промышленная энергетика. – 1990. – № 7. – С. 24–30.

3. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – М. : Энерго-атомиздат, 2000. – 186 с.
4. Горюнов, В. Н. Расчет потерь мощности от влияния высших гармоник / В. Н. Горюнов, Д. С. Осипов, А. Г. Лютаревич // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2009. – № 2. – С. 268–273.
5. С. Ю. Долингер и другие. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения, Омский научный электротехника, энергетика вестник №2 (120) 2013.
6. Джураев Ш.Дж. Разработка алгоритма снижения влияния токов высших гармоник на режим работы гидрогенераторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Джураев Шохин Джураевич. – М. 2018. – 180 с.
7. Тульский В.Н. Расчет допустимой мощности синхронных генераторов при работе с преобразовательной нагрузкой / В.Н. Тульский, Ш.Дж. Джураев, Б.Дж. Иноятов // Электрические станции. 2018. №5. С. 27-34.
8. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость техниче-ских средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандарти-форм, 2014. – 15 с.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR**

TJ	RU	EN
Ниёзӣ (Чоршанбиев) Сирочиддин Раҷаббоқӣ	Ниёзи (Чоршанбиев) Сироджиддин Ражаббоки	Niyozı (Chorshanbiev) Sirojiddin Rajabboqi
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of Technical Sciences
Министерство образования и науки Республики Таджикистан	Вазорати маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон	Ministry of Education and Science of the Republic of Tajikistan
e.mail: <a href="mailto:niyozı@maorif.tj">niyozı@maorif.tj</a>		



# МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

УДК 628.1.147

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕШАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ ШАХТЫ «ВОСТОЧНАЯ» ОТ ТЯЖЕЛЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ

<sup>1</sup>С.К. Ходжиев, <sup>1</sup>Х.Ё. Ашуров, <sup>1</sup>М.К. Хочиён, <sup>2</sup>И.И. Каландарбеков

<sup>1</sup>Горно-металлургический институт Таджикистана

<sup>2</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматривается эффективность смешанных коагулянтов на основе железа и алюминия в процессе очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов. Исследование фокусируется на анализе способности данных коагулянтов удалять загрязнители из воды, что имеет важное значение для обеспечения безопасности и экологической устойчивости шахтных вод. В ходе экспериментов было установлено, что применение смешанных коагулянтов позволяет достичь значительное снижение концентрации тяжелых металлов и радиоактивных элементов в воде, что делает этот метод очистки перспективным для использования в промышленных масштабах.

**Ключевые слова:** коагулянты, железо, алюминий, шахтная вода, тяжелые металлы, радиоактивные металлы, очистка воды.

## САМАРАНОКИИ КОАГУЛЯНТҲОИ ОМЕХТА ДАР АСОСИ ОҲАНУ АЛЮМИНИЙ ДАР РАВАНДИ ТОЗА КАРДАНИ ОБИ ЧОҲИ “ВОСТОЧНАЯ” АЗ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ВА РАДИОАКТИВИЙ

С.Қ. Ҳочиев, Х.Ё. Ашуров, М.Қ. Ҳочиён, И.И. Қаландарбеков

Дар мақола самаранокии коагулянтҳои омехта дар асоси оҳан ва алюминий дар раванди тоза кардани оби чоҳи «Восточная» аз металлҳои вазнин ва радиоактивӣ баррасӣ карда мешавад. Таҳқиқот ба таҳлили қобилияти ин коагулянтҳо барои хорич кардани ифлоскунандаҳо аз оби чоҳи нигаронида шудааст, ки барои таъмини бехатарӣ ва устувории экологии оби шахтавӣ муҳим аст. Дар рафти таҷрибаҳо маълум гардид, ки истифодаи коагулянтҳои омехта имкон медиҳад, ки консентратсияи металлҳои вазнин ва радиоактивиро дар об хеле кам карда шавад, ки ин усули тозакуниро барои истифода дар миқёси саноатӣ пешниҳод карда мешавад.

**Калидвожаҳо:** коагулянтҳо, оҳан, алюминий, оби шахтавӣ, металлҳои вазнин, металлҳои радиоактив, тозакунии об.

## EFFICIENCY OF MIXED COAGULANTS BASED ON IRON AND ALUMINUM IN THE PROCESS OF PURIFYING WATER OF THE “VOSTOCHNAYA” MINE FROM HEAVY AND RADIOACTIVE METALS

S.K. Hojiev, Kh.Y. Ashurov, M.Q. Hojiyon, I.I. Kalandarbekov

The article examines the effectiveness of mixed coagulants based on iron and aluminum in the process of purifying water from the “Vostochnaya” mine from heavy and radioactive metals. The study focuses on analyzing the ability of these coagulants to remove contaminants from water, which is important for ensuring the safety and environmental sustainability of mine water. During the experiments, it was found that the use of mixed coagulants makes it possible to achieve a significant reduction in the concentration of heavy metals and radioactive elements in water, which makes this purification method promising for use on an industrial scale.

**Keywords:** coagulants, iron, aluminum, mine water; heavy metals, radioactive metals, water purification.

### Введение

В последние годы проблема загрязнения воды тяжелыми и радиоактивными металлами становится все более актуальной. Особенно это касается шахтных вод, где концентрация таких металлов может значительно превышать допустимые нормы. В связи с этим, разработка и применение эффективных методов очистки является приоритетной задачей [1-3].

Вода, покрывающая большую часть нашей планеты, является жизненно важным ресурсом, который, казалось бы, прост в своей сущности. Однако, глубокое изучение её свойств раскрывает множество удивительных аспектов. Вода, встречающаяся в природе, обладает уникальным физико-химическим составом, который изменяется в зависимости от географического положения источника и характера содержащихся в ней примесей [4-6].

С каждым годом население Земли увеличивается и вопрос эффективного использования водных ресурсов становится всё более острым. Тем не менее, промышленные предприятия продолжают загрязнять водоёмы, особенно это заметно на примере горнодобывающих компаний, которые являются основными источниками загрязнения воды тяжелыми и радиоактивными металлами [7].

ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов», основанный в 1948 году, прошёл долгий путь развития от горнорудного предприятия до специализации на порошковой металлургии после закрытия горно-обогатительного цеха в 1989 году. Расположенный в Чорукдарроне, Согдийской области Таджикистана, комбинат оставил после себя множество шахт, которые сегодня затоплены и используются как источники воды.

Шахта «Восточная», находящаяся в месторождении «Шурале» Чорукдаррона, является одним из таких источников. Ранее здесь добывали вольфрам из минерала шеелита, который до сих пор ценится за свои свойства. Сегодня вода из шахты «Восточная» служит для орошения земель и нужд завода по производству щебня. Для определения физико-химического состава этой воды были взяты пробы, которые подверглись анализу с помощью химических, атомно-абсорбционных и фотометрических методов [8].

Целью данного исследования является оценка эффективности использования смешанных коагулянтов на основе железа и алюминия для очистки шахтной воды «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов.

### Методы исследования

Исследование было направлено на анализ воды, которая была загрязнена такими тяжелыми металлами, как свинец, мышьяк, цинк, медь, никель, марганец и уран. Эти элементы представляют значительную опасность для здоровья человека и окружающей среды. В ходе экспериментов температура варьировалась от 5 до 30°C, что позволило оценить эффективность смешанных коагулянтов при различных условиях [9-12].

Дозировка коагулянтов была установлена на уровне 100 мг/л, при этом соотношение хлорида железа к хлориду алюминия составляло 2:1. Это соотношение было выбрано на основе предварительных исследований, указывающих на оптимальную эффективность такой комбинации для удаления загрязнителей. Количество замутнителя также было установлено на уровне 100 мг/л, что соответствует оптимальным условиям для тестирования процессов коагуляции.

Продолжительность процесса коагуляции составила 60 минут, что является достаточным временем для формирования флоков и их оседания, что в свою очередь способствует более эффективной очистке воды.

В начальной фазе исследования была изучена зависимость степени очистки воды от свинца. Результаты этого анализа были представлены на рисунке 1, который демонстрирует эффективность использованных коагулянтов в удалении свинца из воды. Эти данные имеют важное значение, поскольку свинец является одним из наиболее опасных загрязнителей из-за его токсичности и способности накапливаться в организме человека.

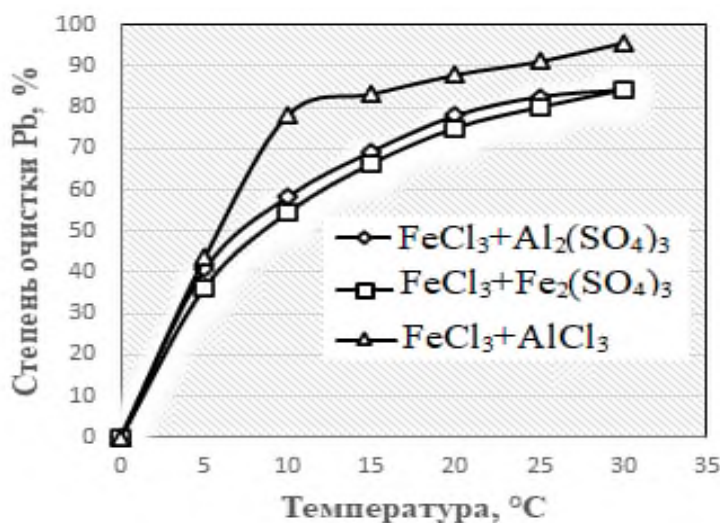


Рисунок 1 – Зависимость степени очистки воды от свинца при различных температурах

Из результатов экспериментов следует, что при температурном диапазоне от 5 до 30°C, коагулянт, созданный на основе сочетания хлоридов железа и алюминия, демонстрирует высокую эффективность в удалении свинца из воды, достигая показателя в почти 95%. Это подчеркивает его потенциал, как надежного средства для очистки воды в условиях низких температур.

При более узком температурном интервале от 5 до 25°C, коагулянт на основе хлорида железа и сульфата алюминия показывает лучшие результаты по сравнению с коагулянт, состоящим из хлорида и

сульфата железа. Однако, интересно отметить, что при повышении температуры до 30°C, эффективность обоих коагулянтов в очистке воды от свинца становится схожей и составляют почти 84%. Это указывает на то, что температурные условия оказывают значительное влияние на процесс коагуляции и могут быть использованы для оптимизации процедуры очистки воды от тяжелых металлов.

В продолжении исследования было проведено изучение влияния смешанных коагулянтов на эффективность удаления мышьяка из воды. Результаты, отражающие зависимость степени очистки от типа используемого смешанного коагулянта, были наглядно представлены на рисунке 2.

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод, что коагулянт, сформированный из хлоридов железа и алюминия, показывает сопоставимые результаты в удалении мышьяка из воды при температуре 5°C, что аналогично эффективности коагулянта на основе хлорида железа и сульфата алюминия. Тем не менее, в течение всего эксперимента, коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия демонстрирует превосходство над другими рассматриваемыми коагулянтами, увеличивая эффективность очистки почти на 16%. Это подчеркивает его потенциал как более эффективного средства для очистки воды от мышьяка, особенно в условиях низких температур.

В ходе научного исследования, целью которого была оценка эффективности различных смешанных коагулянтов для очистки шахтной воды, особое внимание было уделено изучению процесса удаления цинка. Результаты анализа указывают на то, что некоторые коагулянты значительно повышают уровень очистки от цинка, что имеет первостепенное значение для гарантии безопасности водных ресурсов. Все подробности и выводы данного исследования были тщательно организованы и представлены в виде рисунка 3, обеспечивая тем самым возможность визуально оценить эффективность разных смешанных коагулянтов и выбрать наиболее подходящий вариант.

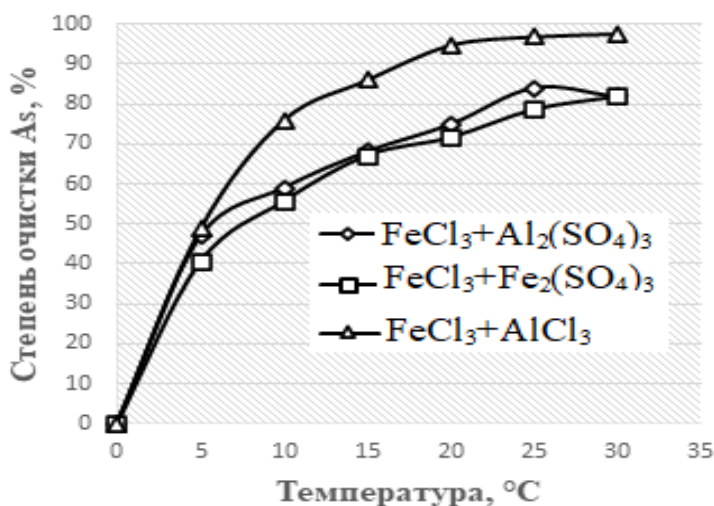


Рисунок 2 – Зависимость степени очистки воды от мышьяка при различных температурах

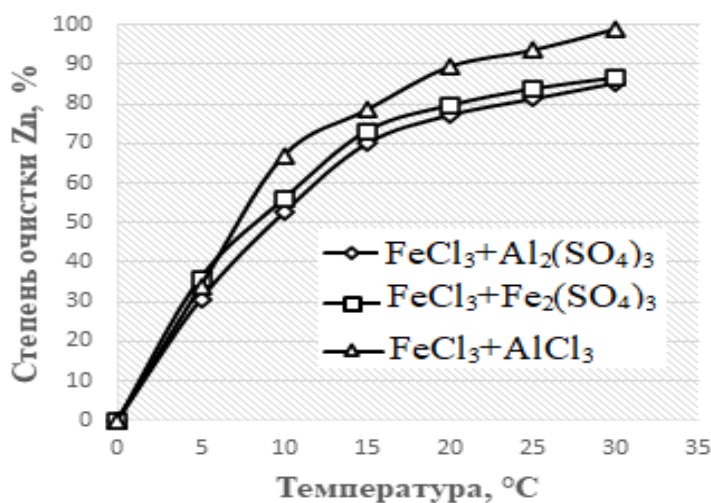


Рисунок 3. Зависимость степени очистки воды от цинка при различных температурах

На основании проведённого анализа данных, становится очевидным, что коагулянт, содержащий хлорид и сульфат железа, обеспечивает высокую эффективность в удалении цинка из воды при температуре 5°C, превышая результаты других смешанных коагулянтов. С увеличением температуры до 10°C, коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия начинает опережать остальные смешанные коагулянты, улучшая очистку на 12-15%. Однако, при дальнейшем повышении температуры до 30°C коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия показывает наилучшие результаты, достигая почти 99% очистки, что подчёркивает его превосходство при высоких температурах и делает его предпочтительным выбором для очистки воды. В то же время, другие смешанные коагулянты показали степень очистки менее 90%.

Также в ходе исследования, посвященного изучению коагуляционных методов очистки шахтной воды, было проведено тщательное исследование, направленное на выявление зависимости эффективности удаления меди из воды от температурных условий. Эксперименты осуществлялись при различных температурах, варьирующихся в диапазоне от 5°C до 25°C. Результаты, полученные в результате этих испытаний, были тщательно зафиксированы и представлены в виде графических данных на рисунке 4, что обеспечивает наглядное представление о влиянии температуры на процесс коагуляции и позволяет определить оптимальные условия для достижения максимальной степени очистки воды от меди.

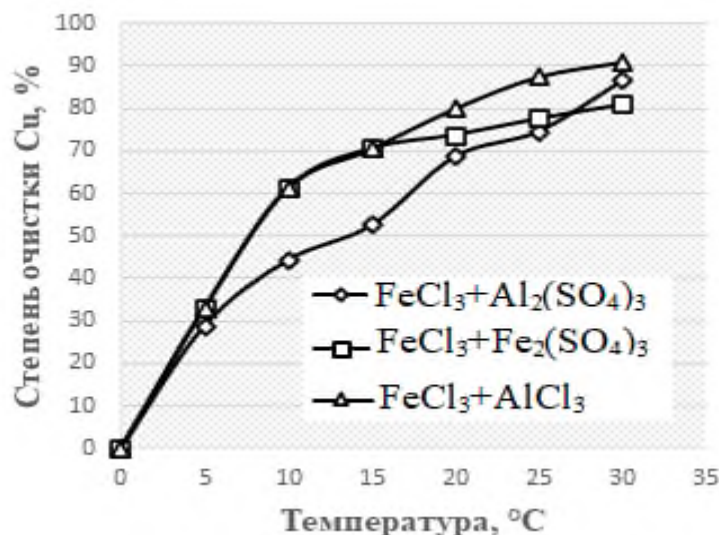


Рисунок 4 – Зависимость степени очистки воды от меди при различных температурах

Изучение данных, представленных на диаграмме 4, позволяет сделать вывод о том, что эффективность удаления меди из воды при помощи коагулянтов, содержащих хлорид и сульфат железа, а также хлорид и сульфат алюминия, остаётся сравнимой до температуры 15°C. Однако, коагулянт, включающий в себя хлорид железа и сульфат алюминия, показывает на 18% худшие результаты, достигая лишь 52,5% очистки. При температурном диапазоне 20-25°C, наблюдается снижение эффективности коагулянта на основе хлорида и сульфата железа, который уступает коагулянту на основе хлоридов железа и алюминия на 10%. В условиях 30°C, коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия демонстрирует наилучшие результаты, достигая почти 91% очистки воды от меди. В то же время, коагулянты на основе хлорида железа и сульфата алюминия, а также хлорида железа и сульфата железа, показывают на 5% и 10% более низкие результаты соответственно.

В рамках проведенного исследования было также уделено внимание изучению того, как температура влияет на эффективность удаления никеля из воды с помощью коагуляционных методов. Для этого эксперименты проводились при разнообразных температурных режимах. Полученные в ходе экспериментов данные были систематизированы и представлены в графическом формате на рисунке 5, что позволяет наглядно оценить изменения в степени очистки воды от никеля в зависимости от температуры.

Анализ экспериментальных данных показывает, что эффективность смешанных коагулянтов в удалении никеля из воды при температуре 5°C оказывается схожей. Однако, при повышении температуры до 30°C, наиболее эффективным оказывается коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия, достигая 98,37% очистки от никеля. В сравнении, другие коагулянты показывают менее 88% очистки. Это свидетельствует о том, что смешанный коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия является

оптимальным выбором для удаления никеля и других металлов из воды при различных температурных условиях.

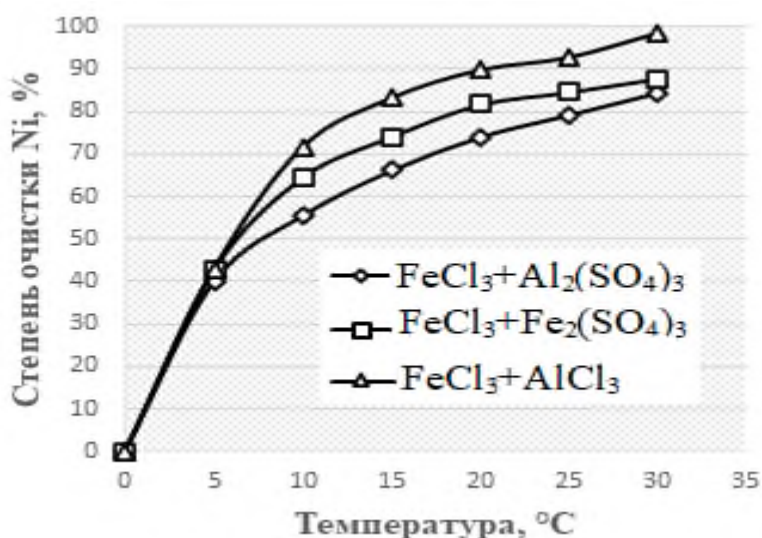


Рисунок 5 – Зависимость степени очистки воды от никеля при различных температурах

В дополнение к предыдущим исследованиям, было проведено изучение влияния температуры на процесс коагуляции для удаления марганца из воды. В ходе экспериментов использовались те же смешанные коагулянты, что и при очистке от других металлов. Эксперименты показали, что изменение температуры оказывает существенное влияние на эффективность коагулянтов. Результаты, отражающие степень очистки воды от марганца при различных температурных условиях, были подробно проанализированы и представлены на рисунке 6. Эти данные предоставляют ценную информацию о том, как различные смешанные коагулянты работают при разных температурах и какой из них наиболее эффективен для удаления марганца из воды.

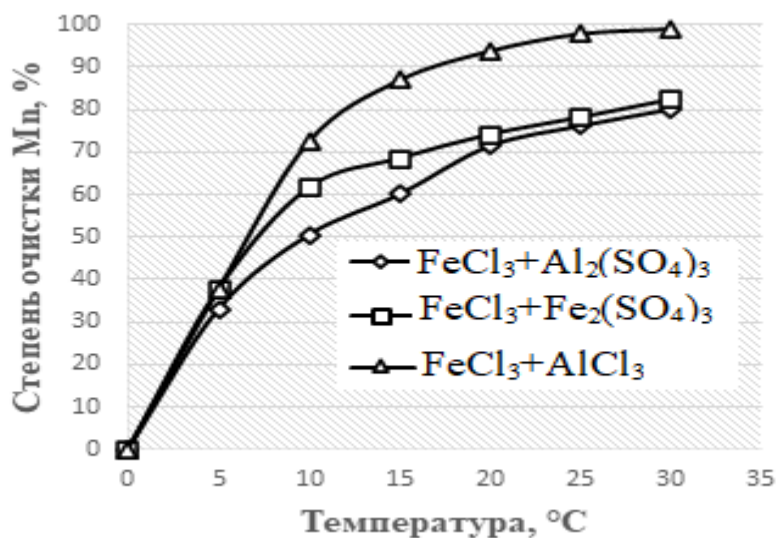


Рисунок 6 – Зависимость степени очистки воды от марганца при различных температурах

Из анализа данных, полученных в ходе экспериментов, следует, что при температуре 5°C все исследуемые смешанные коагулянты показывают умеренную эффективность в удалении марганца из воды, с результатами от 33% до 38%. С повышением температуры до 30°C заметно возрастает эффективность смешанного коагулянта на основе хлоридов железа и алюминия, достигая более 99% очистки, что значительно превосходит показатели других коагулянтов, чья эффективность не превышает 83%.

В ходе исследования было также изучено влияние температуры на эффективность удаления урана из воды при использовании тех же смешанных коагулянтов. Эксперименты продемонстрировали, что степень очистки воды от урана, подобно марганцу и другим металлам, существенно зависит от температурных условий. Результаты испытаний были тщательно проанализированы и представлены на рисунке 7, который иллюстрирует различия в эффективности смешанных коагулянтов при различных температурах, предоставляя ключевые данные для определения оптимальных условий коагуляционного метода очистки воды от урана.

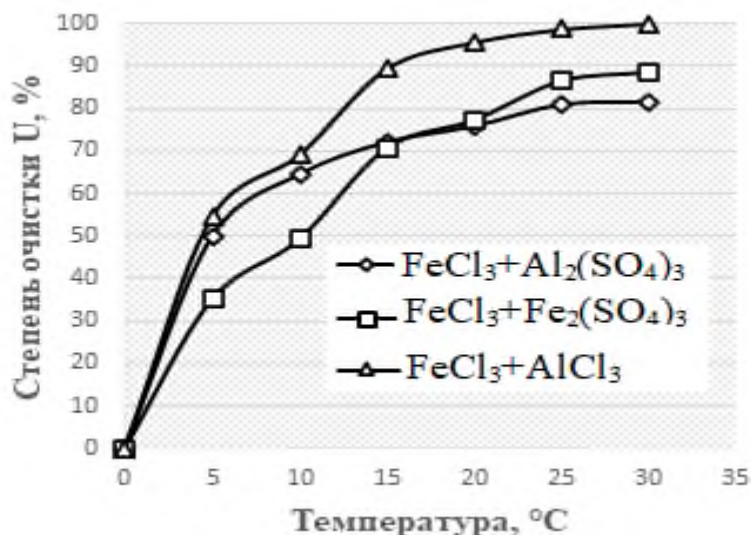


Рисунок 7 – Зависимость степени очистки воды от урана при различных температурах

Анализ экспериментальных данных показывает, что до достижения температуры 30°C, смешанный коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия демонстрирует наивысшую эффективность, обеспечивая очистку воды от урана до 100%. Это значительно превышает результаты, полученные с использованием других смешанных коагулянтов, эффективность которых при удалении урана из воды не превышает 90%.

Таким образом, исходя из полученных экспериментальных данных, при вышеописанных условиях, можно сделать вывод о значительной эффективности коагулянта, содержащего хлориды железа и алюминия, в процессе очистки шахтной воды от таких тяжелых металлов, как свинец, мышьяк, цинк, медь, никель, марганец и уран. Эти находки открывают перспективы для создания новых методик или совершенствования уже существующих подходов к очистке воды от тяжелых металлов.

Коагулянты на основе хлоридов железа и алюминия действуют путём нейтрализации зарядов загрязняющих частиц, что приводит к их агломерации и последующему осаждению. Это позволяет эффективно удалять металлы из воды, даже если их концентрация весьма низка. Особенно важно, что такие коагулянты могут быть адаптированы для работы в различных условиях, включая изменения pH и температуры воды.

Применение этих коагулянтов не только способствует уменьшению концентрации тяжелых металлов в воде, но и может снижать риски для экосистемы и здоровья человека. Сокращение уровня токсичных металлов в водных ресурсах приводит к улучшению качества питьевой воды и снижению вероятности развития различных заболеваний, связанных с их воздействием.

В заключение, применение коагулянтов на основе хлоридов железа и алюминия в очистке воды от тяжелых металлов представляет собой многообещающую область исследований, которая требует дальнейшего изучения и разработки. Это может привести к созданию новых технологий, которые будут способствовать устойчивому развитию и защите окружающей среды.

Рецензент: *Боқиев Б.Ф.* — к.т.н., доцент кафедры системы водоснабжения, газа, отопления и вентиляции ПИЛУ имени академика М.С. Осими

### Литература

1. Линевиц, С.Н. Коагуляционный метод водообработки / С.Н. Линевиц, С.В. Гетманцев. ОАО «АУРАТ». –М.: Наука, 2007. –230с.
2. Лин, М.М. Разработка технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов методами нанофильтрации и ионного обмена / М.М. Лин. –Москва, 2018. –117 с.
3. Ботаханов, Е.К. Разработка технологических схем очистки воды с учетом антропогенных загрязнений источников водоснабжения в Республике Казахстан / Е.К. Ботаханов, Е.Т. Тогабаев. Материалы Центральноазиатской

международной научно-практической конференции «МКВК навстречу 4 Всемирному водному форуму: местные действия для предотвращения водного кризиса». Алматы, - 2005. –С. 171-173.3.

4. Плеханова, В.А. Новая технология очистки шахтных вод / В.А. Плеханова. Магистрант, кафедра водоснабжения и водоотведения, инженерно-экологический факультет, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. 2014. –С.57-60.

5. Гулько, С.Е. Опыт и перспективы использования шахтных вод / С.Е. Гулько, И.И. Гомаль. Охрана окружающей среды. Уголь Украины, 2013. -С.30-34.

6. Гусев, Н.Н. Очистка шахтных вод до питьевого качества на ликвидированных шахтах / Н.Н. Гусев, Ю.В. Каплунов, А.Н. Подсевалов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. – С.308-313.

7. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности [Электронный ресурс]: справочное пособие / Л.Ф. Долина. – Д.: Молодеж. комиссия, 2000. –Электронно-библиотечная система – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/788/1/mining.pdf>.

8. Ходжиев, С.К. Физико-химический состав воды шахты «Восточная» / Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашуров, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. –Душанбе 2020. -№4 (52). –С.52-56.

9. Ходжиев, С.К. Очистка шахтной воды от тяжелых металлов с применением сульфата железа в качестве коагулята / Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2020. -№4 (52). –С.60-63.

10. Ходжиев, С.К. Смешанные коагулянты для очистки шахтной воды от свинца и меди методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.138-141.

11. Ходжиев, С.К. Влияние дозы смешанного коагулянта и замутнителя на степень очистки воды от никеля и марганца методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.132-135.

12. Ходжиев, С.К. Оптимальные параметры процесса очистки шахтной воды от тяжелых металлов с применением смешанных коагулянтов / Д.С. Давлатов, О.Х. Амирзода, С.К. Ходжиев // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. –Худжанд 2021. -№3 (58). –С.50-57.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Ҳочиев Саидмуқбил Қосимович	Ходжиев Саидмуқбил Косимович	Hojiev Saidmukbil Kosimovich
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургический институт Таджикистана	Mining-metallurgical institute of Tajikistan
E-mail: <a href="mailto:saidmukbil@mail.ru">saidmukbil@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ашуров Хайруддин Ёрович	Ашуров Хайруддин Ёрович	Ashurov Khayruddin Yorovich
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургический институт Таджикистана	Mining-metallurgical institute of Tajikistan
E-mail: <a href="mailto:zukhal86@gmail.com">zukhal86@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Ҳочиён Мирзошокири Қосимпур	Хочиён Мирзошокири Косимпур	Hojiyon Mirzoshokiri Qosimpur
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургический институт Таджикистана	Mining-metallurgical institute of Tajikistan
E-mail: <a href="mailto:hojiyon@gmail.com">hojiyon@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Kalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:iftikhor791@mail.ru">iftikhor791@mail.ru</a>		

УДК 669.45.018.8.24/884

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВИНЦОВОГО БАББИТА B(PbSb15Sn10)

<sup>1</sup>И.Н. Ганиев, <sup>1</sup>Х.М. Ходжаназаров, <sup>1</sup>Р.Д. Исмонов, <sup>2</sup>У.Н. Файзуллоев

<sup>1</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

<sup>2</sup>Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Душанбе

В работе представлены результаты изучения микроструктуры и механических свойств свинцового баббита B(PbSb15Sn10), легированного литием, натрием и калием. Установлено, что добавки до 1,0 мас.% лития, натрия и калия как модификаторы структуры значительно измельчают микроструктуру исходного сплава и она становится однородной и мелкозернистой. Стандартными методами измерения (метод Бринелля) твёрдости металлов показано, что добавки до 1,0 мас.% лития, натрия и калия уменьшают твёрдость и прочности свинцового баббита B(PbSb15Sn10).

**Ключевые слова:** свинцовый баббит B(PbSb15Sn10), литий, натрий, калий, микроструктура, механические свойства, твердость, прочность.

## ТАЪСИРИ ИЛОВАИ ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ БА МИКРОСОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ БАББИТИ СУРБӢ B(PbSb15Sn10)

И.Н. Ганиев, Х.М. Хоҷаназаров, Р.Д. Исмонов, У.Н. Файзуллоев

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши микросохтор ва хосиятҳои механикии хосиятҳои баббити сурбӣ B(PbSb15Sn10) бо литий, натрий, калий ҷавҳаронидашуда, оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки иловаҳои то 1,0 вазн.% литий, натрий ва калий ҳамчун тағирдиҳандаи сохт микроструктураи ҳӯлаи асиро ба таври назаррас хурд намуда, он яхела ва майдадона мешавад. Усулҳои стандартии ченкунии сахтии металлҳо (усули Бринелл) нишон медиҳанд, ки иловаҳои то 1,0 вазн.% литий, натрий ва калий сахтӣ ва мустаҳкамӣ баббити сурбӣ B(PbSb15Sn10) -ро кам мекунад.

**Калимаҳои калидӣ:** баббити сурбӣ B(PbSb15Sn10), литий, натрий, калий, микросохтор, хосиятҳои механикӣ, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

## INFLUENCE OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM ADDITIVES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF LEAD BABBITT B(PbSb15Sn10)

I.N. Ganiev, Kh.M. Khojanazarov, R.D. Ismonov, U.N. Faizulloev

The paper presents the results of studying the microstructure and mechanical properties of lead babbitt B(PbSb15Sn10) doped with lithium, sodium and potassium. It has been established that additions of up to 1.0 wt.% lithium, sodium and potassium as structure modifiers significantly refine the microstructure of the original alloy and it becomes homogeneous and fine-grained. Standard methods for measuring the hardness of metals (Brinell method) have shown that additions of up to 1.0 wt.% lithium, sodium and potassium reduce the hardness and strength of lead babbitt B(PbSb15Sn10).

**Keywords:** lead babbitt B(PbSb15Sn10), lithium, sodium, potassium, microstructure, mechanical properties, hardness, strength.

### Введение

Наиболее широкое применение для заливки подшипников различных двигателей нашли свинцовосурьмяные сплавы, улучшенные добавками олова, меди, никеля, мышьяка, кадмия и теллура. Содержание олова в свинцовосурьмяных баббитах обычно не превышает 16 мас.% и поэтому их иногда называют малооловянистыми баббитами. Согласно диаграмме, состояние свинец-сурьма содержание сурьмы в твердом растворе при 247°C составляет 2,94 мас.%. Эвтектический состав соответствует 13% сурьмы и 87% свинца [1-3].

В технике применяются антифрикционные свинцовосурьмяные сплавы как доэвтектические, так и заэвтектического состава. Доэвтектические сплавы обычно содержат до 6% олова, заэвтектические - до 16% олова. Добавка олова служит для повышения твердости, улучшения прилуживаемости при заливке баббитом по стали или бронзе и улучшения вязкости баббита. Олова вводят в баббиты с той же целью, что и сурьму, причем твердость свинца от добавки олова повышается в меньшей степени, чем от добавки сурьмы. Сурьма способствует увеличению твердости сплава и улучшению других механических свойств. При содержании сурьмы до 8% сохраняется высокая пластичность сплава, дальнейшее увеличение содержания сурьмы вызывает хрупкость. Сплавы свинца с сурьмой и оловом успешно заменяют дорогие оловянные баббиты. Эти сплавы ликвидуют так же сильно, как и двойные сплавы Pb-Sb и Sn-Sb. Поэтому для уменьшения ликвации в них как же вводят 1,5...2 % Cu [4, 5].

Свинцовый баббит B(PbSb15Sn10) применяют для вкладышей подшипников таких агрегатов как мельницы самоизмельчения, сушильные барабаны, бутары, трубные мельницы и другие крупногабаритные агрегаты, использующиеся в горнорудной промышленности. По статистике до 32% отказов турбокомпрессорных агрегатов, эксплуатирующихся в газовой промышленности, происходят по причине нарушения работы баббитовых подшипников скольжения, чаще всего это связано с разрушением и изнашиванием антифрикционного слоя вкладышей подшипников, что приводит к динамической неустойчивости работы оборудования. Выход из строя подшипников скольжения при нормальных условиях эксплуатации является следствием различных видов износа: кавитация, абразивный износ, изнашивание вследствие пластической деформации, усталостное изнашивание. В связи с этим проблема повышения



рабочих характеристик и ресурса работы баббитовых подшипников скольжения является важной и актуальной [6-8].

Свойства материалов зависят не только от свойств атомов и других, более крупных структурных элементов, образующих данную систему, но и от того, как эти элементы располагаются в пространстве. Другими словами, в формировании свойств материалов существенную роль играет не только их химический (элементный) состав, но и структура (строение). По этой причине, структурным исследованиям, проводимым на различных масштабных уровнях, в материаловедении придают особое значение. В связи широким применением свинцовых баббитов в различных отраслях промышленности ведут систематические научно-исследовательские работы по улучшению их эксплуатационных характеристик. В связи с отсутствием в литературе сведений о влиянии щелочных металлов на свойства свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) нами они были выбраны в качестве объекта исследования и подвергались модифицированию литием, натрием и калием [9, 10].

Данные о механических свойствах свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) с литием, натрием и калием в литературе отсутствуют. Подобные сведения пополняют страницы соответствующих справочников и являются ценной информацией при выборе материала конструкций из баббитов.

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок лития, натрия и калия на микроструктуру и механических свойств свинцового баббита Б (PbSb15Sn10).

### Материалы и методики исследования

Свинцовый баббит с литием, натрием и калием получали в шахтной лабораторной печи СШОЛ при температуре 450–500 °С путём плавки свинца марки С1 (99,985 % Pb) (ГОСТ 3778-77), олова марки ОВЧ – 000 (99,999 % Sn) (ГОСТ 860-75), сурьмы металлической марки Су00 (99,9 % Sb) (ГОСТ 1089-82), литий металлической марки ЛЭ – 1 (99,9 % Li) (ГОСТ 8774-75), калий металлической марки КМ (98,0 % K) (ГОСТ 10588-75) и металлического натрия чистотой 99,8%Na (ГОСТ 3273-75). Содержание лития, натрия, калия в исходном сплаве составило 0,01; 0,1; 0,5; 1,0 мас. %. Состав полученных сплавов контролировалось взвешиванием шихты и полученных образцов. В случае отклонения массы образцов более чем на 2% от массы шихты синтез сплавов проводился заново.

Изучение микроструктуры является одним из главных средств исследования сплавов. Это дает возможность определять влияние различных деформационных и термических обработок на свойства готовых баббитовых изделий, а также анализировать причины ее брака. Исследования позволяют точно определить протяженность границы гомогенных и гетерогенных областей, наблюдать изменения микроструктуры в зависимости от состава сплава, а также наличие интерметаллидных фаз в системе. Микроструктуру баббита Б (PbSb15Sn10) с литием, натрием и калием исследовали на световом микроскопе марки БИОМЕД-1.

Микроскопический метод исследования металлов и сплавов, или кратко микроанализ, заключается в изучении строения (структуры) при помощи микроскопа на специально приготовленных образцах, называемых микрошлифами. Приготовление микрошлифа для изучения микроструктуры обычно начинается с вырезания образца из определённого участка изучаемого объекта. Этот участок определяется целью проводимого исследования (например, ближе к излому или трещине на изделии). Наиболее удобными для приготовления микрошлифов являются образцы цилиндрического или квадратного сечения диаметром или стороной квадрата от 10 до 20 мм и высотой от 10 до 30 мм. Заточенный образец шлифуется на шлифовальной бумаге до полного удаления рисок, с постепенным переходом от бумаги с зернистостью абразива 150-50 мкм до бумаги микронной зернистости (20-5 мкм). При переходе с одной бумаги на другую, более тонкую, необходимо очищать образец и менять направление шлифовки на 90°. Шлифовка образцов производится на специальных станках с закреплением шлифовальной бумаги на вращающихся дисках или лентах. Полирование ведется на вращающихся кругах диаметром 250 мм, обтянутые грубым сукном (предварительное полирование) или фетром (окончательное полирование). Исследования проводили по методикам, описанным в работах [11, 12].

Для исследования микроструктуры исследуемых образцов из полученного расплава отливались цилиндрические образцы диаметром 10-16 мм и длиной 5-10 мм. Каждый образец предварительно отшлифовывали, обезжиривали спиртом и погружали в 20%-ный водный раствор азотной кислоты. Время травления составляло от 10 до 20 с. После травления микрошлиф промывали в проточной воде и тщательно высушивали прижатием к чистой фильтровальной бумаге.

*Методика измерения твердость сплавов.* Одной из наиболее распространенных характеристик, определяющих качество металлов и сплавов, возможность их применения в различных конструкциях и при различных условиях работы, является твердость. Испытания на твердость производятся чаще, чем определение других механических характеристик металлов: прочности, относительного удлинения и др.

Твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012 – 59) измеряют вдавливанием в испытываемый образец стального шарика определенного диаметра  $D$  (2,5; 5; 10мм) под действием заданной нагрузки  $F$  в течение определенного времени (рис. 1). Преимуществами этого метода являются простота, достаточная точность,

минимальные требования к чистоте поверхности по сравнению с другими методами, а также наличие устойчивой связи  $HV$  с величиной  $\sigma_B$ .

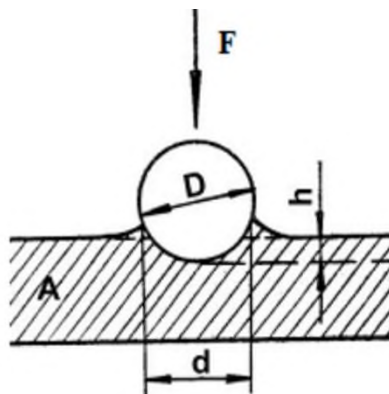


Рисунок 1 – Схема испытания на твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012 – 59).

Число твердости по Бринеллю, обозначаемое  $HV$  ( $H$  – начальная буква слова Hardness – твердость;  $V$  – начальная буква названия метода определения твердости Brinell), представляет собой отношение нагрузки  $F$  к площади поверхности сферического отпечатка  $S$  и измеряется в кгс/мм<sup>2</sup> или МПа по формуле:

$$HV = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Твердость, выраженная через диаметр шарика  $D$  и диаметр отпечатка  $d$ , характеризуется формулой:

$$HV = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2)$$

Твердость сплавов измерили по Бринеллю согласно стандартной методике, описанной в работах [13-15] на приборе MODEL HBRV-187.5D. Испытанию подвергались образцы толщиной 10мм, диаметром 16мм. Исследование проведено при нагрузке  $P = 250$  кг и диаметром шарика  $D = 10$  мм. Испытанию подвергались образцы сплавов толщиной более 6 мм, диаметром 16 мм.

#### Экспериментальные результаты и их обсуждение

Материалом исследования служил литой промышленный свинцовый баббит, содержащий, мас. %: Sb-15 и Sn-10; остальное - Pb. Для изучения влияния добавок лития, натрия и калия на микроструктуру свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) были получены серии сплавов с содержанием указанных металлов в диапазоне 0,01-1,0 мас. %.

Добавки лития, натрия и калия к свинцовому баббиту способствуют измельчению его структурных составляющих. Согласно диаграмме состояния системы Sn-Pb-Sb, структура баббита состоит из следующих фазовых составляющих: первичные кристаллы (SnSb)-фазы, эвтектическая (или частично перитектического происхождения) смесь кристаллов Pb-SbSn.

Микроструктуры свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с литием, натрием и калием приведены на рис. 2-4. Видно кристаллы SbSn на фоне тройной эвтектики  $Pb+SbSn+\gamma$ , а также небольшое количество иглообразных кристаллов химического соединения PbSn и химических соединений PbLi, PbNa, PbK.

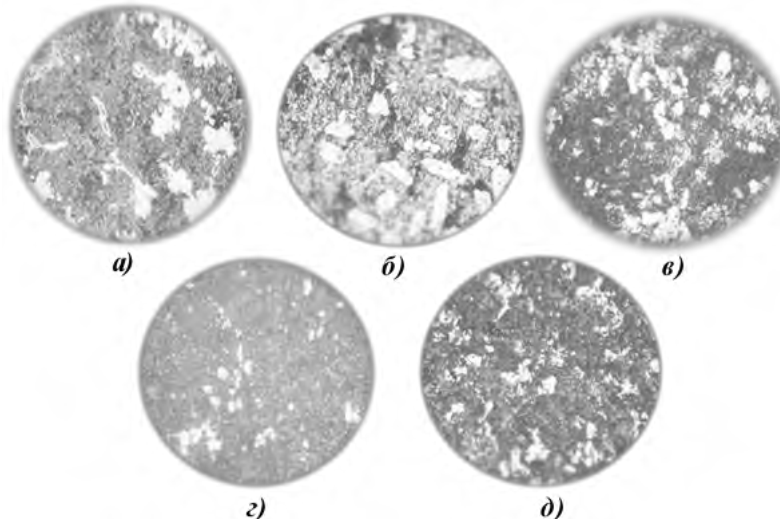


Рисунок 2 – Микроструктуры ( $\times 500$ ) свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) (а), содержащего литий, мас. %: 0,01(б); 0,1(в); 0,5(г); 1,0(д).

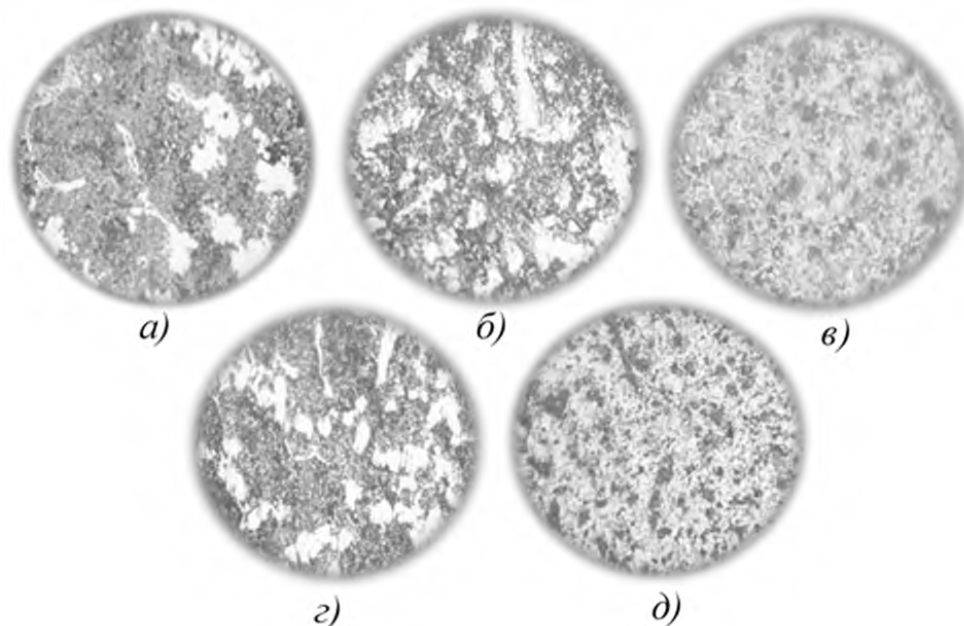


Рисунок 3 – Микроструктуры ( $\times 500$ ) свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), содержащего натрий, мас. %: 0,0(а); 0,01(б); 0,1(в); 0,5(г); 1,0(д).

Структура баббита Б(PbSb15Sn10) аналогична структуре баббита БН, за исключением того, что в ней отсутствует мышьяковистая составляющая. Баббит Б(PbSb15Sn10) по составу лежит на линии Pb-SnSb, поэтому его кристаллизация закончится образованием двойной эвтектики  $\alpha(\text{Pb}) + \beta(\text{SnSb})$ . Добавки лития, натрия и калия особенно от 0,5 до 1,0 мас. % значительно измельчают структурные составляющие исходного сплава Б(PbSb15Sn10).

Установлено, что добавки до 1,0 мас.% лития, натрия и калия как модификаторы структуры значительно измельчают микроструктуру исходного сплава и она становится однородной и мелкозернистой. В результате проведенных исследований установлено, что структура изученных сплавов однотипная и состоит из твердого раствора свинца и других фаз. Среди щелочных металлов наиболее эффективной модифицирующей добавкой является калий (рис. 4).

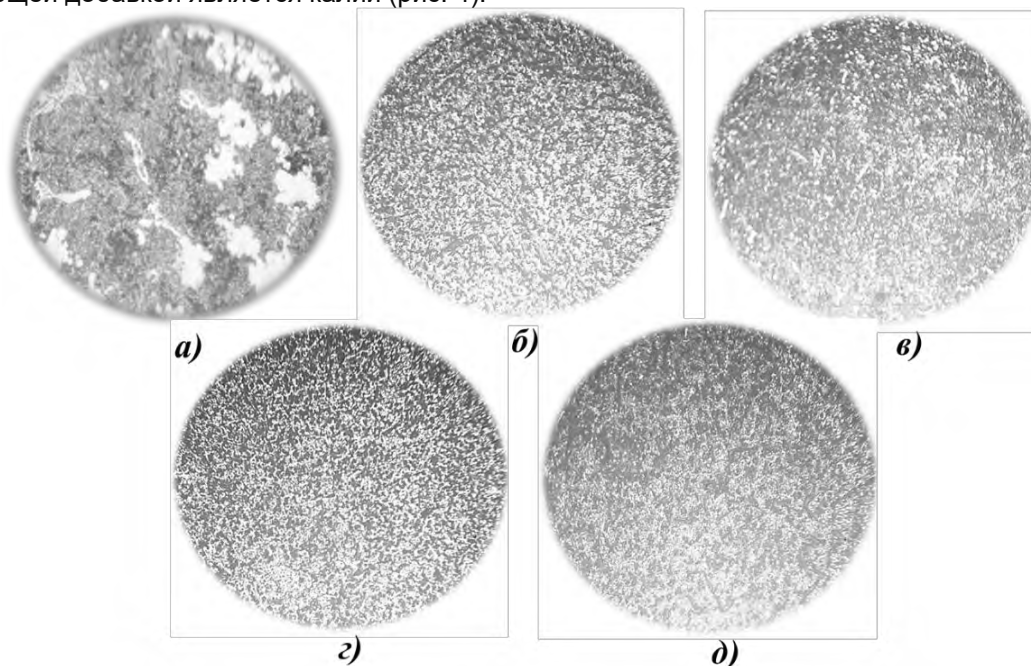


Рисунок 4 – Микроструктуры ( $\times 500$ ) свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), содержащего калий, мас. %: 0,0(а); 0,01(б); 0,1(в); 0,5(г); 1,0(д).

Одним из широко распространенных видов механических испытаний металлов является измерение твердости. Так как большинство свойств металлов и сплавов определяется его структурой, по значению твердости можно сделать предварительные выводы о других механических свойствах металла (сплава). Измерение твердости позволяет сделать выводы о наличии или отсутствии в деталях упроченных поверхностей в результате различных видов термической обработки сплавов, связанной с изменением структуры по сечению детали.

Для вычисления предела прочности исследуемого материала необходимо выбрать расчетную формулу внести значение  $k$  для марки материала и произвести расчет, подставив в формулу значение твердости НВ. Приближенная зависимость предела прочности металла и твердости по Бринеллю описываются следующим уравнением

$$\sigma_B = k \cdot \text{НВ}, \text{ МПа.} \quad (3)$$

Значение  $k$  для свинцовых сплавов равно 0,07. С учётом этого пересчитано значение  $\sigma_B$  сплавов. Результаты расчетов представлены в таблице. Как видно из таблицы при добавке лития, натрия и калия до 1,0 мас. % твердость и прочность исходного сплава понижается. Среди изученных щелочных элементов наибольшее максимальное воздействие оказывают добавки калия.

Таблица –Твёрдость и расчетная прочность свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного литием, натрием и калием.

Содержание лития, натрия и калия в баббите, мас.%	*Твёрдость НВ, кгс/мм <sup>2</sup>	Твёрдость НВ, МПа	Расчетная прочность, МПа
0,0	22,86	224,18	15,70
0,01Li	21,87	214,47	15,01
0,1Li	19,43	190,54	13,33
0,5Li	17,72	173,77	12,14
1,0Li	16,29	159,75	11,18
0,01Na	22,36	219,27	15,34
0,1Na	20,94	205,35	14,37
0,5Na	18,46	181,03	12,67
1,0Na	17,54	172,01	12,04
0,01K	22,12	216,92	15,18
0,1K	20,27	198,72	13,91
0,5K	18,00	176,51	12,35
1,0K	16,86	165,34	11,57

\*-среднее значение определили по результатам 3 измерений.

## Заключение

Микроанализ позволяет проводить не только качественное исследование структуры металла. Он используется и для количественной оценки структурных составляющих, например, для измерения величины зерна, глубины слоя и т.д. Величина зерна очень важная характеристика сплавов, определяющая их механические свойства, главным образом ударную вязкость: чем мельче зерно, тем больше сопротивлению ударному разрушению, и, следовательно, тем больше и конструктивная прочность сплавов.

Измерение твердости металла – важнейшее исследование, которое позволяет оценить способность материала к сопротивлению деформирующим усилиям. От характеристик твердости напрямую зависят основные показатели качества, прочности, долговечности и различные особенности эксплуатации данного материала в условиях работы. В работе исследовано влияние добавок лития, натрия и калия на твердость и прочность свинцового баббита Б(PbSb15Sn10). Показано, что значение твердости и прочности свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) при увеличении концентрации щелочных металлов уменьшаются. Методом металлографии показано, что добавки лития, натрия и калия до 1,0 мас.% значительно измельчают структурные составляющие исходного баббита Б(PbSb15Sn10).

*Рецензент: Рецензент: Сафаров А.Т. — д.т.н., доцент, главный научный сотрудник ФЛТИ имени С.У. Умарова НАН Таджикистана.*

## Литература

1. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение, Архангельск: Северный (Арктический) Федеральный университет, 2015. – 327 с.
2. Лужникова Л.П. Материалы в машиностроении, Т. 1., Цветные металлы и сплавы, - М.: 1967. - 287 с.
3. Семенов, А.П. Антифрикционные материалы: опыт применения и перспективы // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 12. С. 2136.
4. Королев А.А., Краюхин С.А., Мальцев Г.И. Фазовые равновесия для Pb-Sb-Sn сплава при вакуумной дистилляции // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2018. № 1 (57). С. 128-140.
5. Rezaei B. Effects of casting temperature of Pb-Sb-Sn grid alloy on the polarization potential of oxygen evolution of lead acid batteries // Russian Journal of Electrochemistry. 2006. Vol. 42. № 4. pp. 350-354.

6. Ali E.A., Majeed Hameed M., Gumaan M.S., Alameri A., Alsowidy Sh.M.A.M., Al Naggar N.Q., Shalaby R.M. Effects of sb and/or Sn concentrations on the sbsn formation in a ternary melt-spun Pb-Sb-Sn alloy // Results in Materials. 2022. Vol. 16. pp. 100307.

7. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001г.

8. Бешевли О.Б. Дуюн Т.А. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №2 (85). С.75-81.

9. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984-280с.

10. Ганиев И.Н., Ходжаев Ф.К., Одинаев А.Х. Микроструктура свинцового баббит BCa(PbSb15Sn10Ka) с натрием и фазовый состав продуктов их окислений. Нумановские чтения. «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI» // ГНУ «Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ», 2022. С.112-115

11. Давлатзода Ф.С. Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф., Раджабалиев С.С., Караев П.Н. Влияние титана, ванадия и ниобия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава AMg2 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т.46. №2. С. 67-71.

12. Холмуродов Ф., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Ботуров К., Ганиев И.Н., Нуров Н.Р. Микроструктура и механические свойства алюминиевого сплава AlFe5Si10 с оловом, свинцом и висмутом // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2023. № 2-1 (108). С. 101-107.

13. Исмонов Р.Д., Сафаров А.М., Раджабалиев С.С., Бадурдинов С.Т. Влияние галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2024. №1 (65) С. 60-63.

14. Исмонов Р.Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2023. №3 (63) С. 59-63.

15. Шаталов Р.Л., Фам вьет хоанг, Чан ву куанг. Исследование закономерностей между твердостью и основными механическими свойствами при холодной прокатке полос из сплавов цветных металлов // Прокатное производство. Приложение к журналу "Технология металлов". 2023. № 22. С. 16-23.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики АМИТ, доктори илмҳои химия, профессор	Академик НАНТ, доктор химических наук, профессор	Academician of the NAST, Doctor of Chemical Sciences, Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ganiev48@mail.ru">ganiev48@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович	Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович	Khojanazarov Khairullo Makhmudkhonovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru">khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru</a>		
TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович	Исмонов Рустам Довудович	Ismonov Rustam Dovudovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences., associate professor
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
e. mail: <a href="mailto:ird-78@mail.ru">ird-78@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Файзуллоев Убайдилло Нарзуллоевич	Файзуллоев Убайдилло Нарзуллоевич	Faizulloev Ubaidillo Narzulloevich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences., associate professor
Филиали Донишгоҳи миллии таҳқиқотии технологӣ "МИСиС" дар шаҳри Душанбе	Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Душанбе	Branch of the National Research Technological University "MISiS" in Dushanbe

# ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК 661.9.662.76

## ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА

<sup>1</sup>А. Шарифов,<sup>2</sup> Б.Ф. Эмомов, <sup>1</sup>Д.К. Субхонов,<sup>1</sup>М.А. Зухурова

<sup>1</sup>Институт химии имени В.И. Никитина НАН Таджикистана

<sup>2</sup>Энергетический институт Таджикистана

В статье приведены результаты газификации углей наиболее широкоприменяемых месторождений Зидди, Фон-Ягноб, Шураб и антрацита месторождения Назар Айлак. Определены газифицирующие свойства твердого топлива, составы генераторного газа и его теплотворная способность. Теплотворность генераторного газа, полученного из угля Зидди на 19.7-23.1%; из угля Фон-Ягноб на 42.6 - 56.2%; из угля Шураб на 58.1 - 63.4% и из антрацита Назар Айлак на 25.9 – 30.6% выше соответствующих значений теплотворности сырья, из которого он получен.

**Ключевые слова:** уголь, газификация, генераторный газ, энергетический газ, технологический газ, теплотворность газа, химический реагент.

## ГАЗКУНИИ АНГИШТҲОИ ЗАХИРАГОҲҶОИ АСОСИИ ТОҶИКИСТОН

А. Шарифов, Б.Ф. Эмомов, Д.К. Субхонов, М.А. Зухурова

Дар мақола натиҷаҳои газкунии ангиштҳои захирагоҳҳои васеи истифодабарандаи Зиддӣ, Фон-Ягноб, Шӯроб ва антрацити Назар Айлак оварда шудаанд. Қобилияти газшавии сӯзишвориҳои саҳт, таркиби газҳои генераторӣ ва гармидиҳии он муайян карда шудаанд. Қобилияти гармидиҳии газҳои генераторӣ ангишти Зиддӣ 19.7-23.1%; ангишти Фон-Ягноб 42.6 - 56.2%; ангишти Шӯроб 58.1 - 63.4% ва антрацити Назар Айлок 25.9 – 30.6% мувофиқан аз қобилияти гармидиҳии ашёи аз он ҳосилшудааш зиёд мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** ангишт, газкунӣ, газҳои генераторӣ, газҳои энергетикӣ, газтехнологӣ, гармидиҳии газ, реагенти химииёвӣ.

## GASIFICATION OF COALS OF THE MAIN DEPOSITS OF TAJIKISTAN

A. Sharifov, B.F. Emomov, D.K. Subkhonov, M.A. Zukhurova

The article presents the results of gasification of coal from the most widely used deposits of Ziddi, Fon Yagnob, Shurab and anthracite from the Nazar Ailak deposit. The gasifying properties of solid fuel, the composition of the generator gas and its calorific value were determined. The calorific value of generator gas produced from Ziddi coal is 19.7-23.1%; from coal Fon-Yagnob by 42.6 - 56.2%; from Shurab coal by 58.1 - 63.4% and from Nazar Ailok anthracite by 25.9 - 30.6% higher than the corresponding calorific values of the raw materials from which it was obtained.

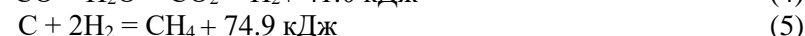
**Keywords:** coal, gasification, generator gas, energy gas, process gas, gas calorific value, chemical reagent.

## Введение

Газификация угля это процесс превращения твёрдого топлива в газообразное, при этом образующиеся газы можно использовать не только как топливо путем сжигания для получения тепла, но и как химические реагенты в разных газофазных реакциях. Газификацию угля осуществляют в газогенераторах и как следствие, образующийся газ называется генераторным.

Применительно к углям месторождений Таджикистана известно газификация угля Фон-Ягнобского месторождения для использования генераторного газа в производстве алюминия на ТалКо [1]. Следует указать, что результаты данной работы были получены не при исследованиях по улучшению параметров процесса газификации угля, а в промышленном газогенераторе без проведения научных исследований, чтобы обеспечить нуждающихся в горячем газе местного алюминиевого производства. Поэтому, приведённые в работе [1] результаты не могут быть использованы для оценки эффективности процессов газификации угля по получению генераторного газа.

Газификация угля обычно осуществляется при оптимальных температурах 1000-1100°C протеканием реакций между химическими элементами веществ состава угля и веществ окислителей, в качестве которых используют кислород (чистый или кислород воздуха), водяной пар, водород, диоксид углерода или их смеси. Основные реакции газификации угля протекают с участием углерода в его составе [2, 3]:



В случае равенства количество тепла экзотермических реакции (1), (2)-(6) с теплом эндотермических реакций (2) и (3) процесс газификации угля протекает автотермически без подвода тепла извне, в противном случае нехватки тепла экзотермических реакций для осуществления процесса газификации угля его тепловой баланс обеспечивается ещё сжиганием части топлива вне газогенератора или электрическим обогревом последнего. Процесс теплообеспечения газогенератора зависит от того, для какой цели осуществляется газификация угля и какой состав генераторного газа необходимо получить: если газификацию угля осуществляют с целью получения энергетического газа, то в его составе должны быть больше теплотворные газы  $H_2$ ,  $CH_4$  и  $CO$ , однако в случае использования генераторного газа в качестве химического реагента в его составе должны быть газы, необходимые для получения производимого химического вещества. Так, генераторный газ для получения аммиака должен содержать водород  $H_2$  и азот  $N_2$ , а для получения карбамида ещё и  $CO_2$ . Поэтому, для получения генераторного газа целевого назначения с определённым составом заранее осуществляется согласование параметров газификации угля путём выбора количественных соотношений «уголь: окислитель 1: окислитель 2) =1:х:у. Такие соотношения можно определить составлением и решением математической модели материальных и тепловых балансов процесса газификации угля.

### Математическая модель материального и теплового баланса газификации угля

К теплотворным газам также относится и  $H_2S$ , который образуется при взаимодействии газообразной серы состава угля с  $H_2$  по реакции



Чем больше содержание теплотворных газов в составе генераторного газа, тем больше его общая теплотворность. Повышать теплотворность генераторного газа можно осуществить регулированием технологического процесса газификации угля таким образом, чтобы в нём преобладали больше протекание реакции (1), (2), (3) и (5). В зависимости от количественного соотношения окислителей угля ( $O_2:H_2O$  или воздух:  $H_2O$ ) и количественного отношения ( $C:O_2:H_2O$ ) можно регулировать скорость реакции таким образом, чтобы получить генераторный газ необходимого состава. Для решения данной задачи составляют математическую модель материального и теплового балансов процесса газификации угля и решают её изменениями вышеприведённых соотношений таким образом, чтобы способствовали большему образованию теплотворных газов.

Математическая модель материального и теплового балансов газогенератора в общем виде выражается уравнениями

$$\Sigma m_{\text{расх.}} = \Sigma m_{\text{обр.}}, \quad (8)$$

$$\Sigma Q_{\text{прих.}} = \Sigma Q_{\text{расх.}}, \quad (9)$$

где  $\Sigma m_{\text{расх.}}$  – общая масса расходуемых веществ, кг;  $\Sigma m_{\text{обр.}}$  – общая масса образующих веществ, кг;  $\Sigma Q_{\text{прих.}}$  – количество тепло, приходящее в зону газификации, кДж/кг;  $\Sigma Q_{\text{расх.}}$  – количество тепла, расходуемое для газификации угля, кДж/кг.

Условия решения модели (8) и (9) принимаются как:

$$CO_2 = \min = \text{const}; \quad CH_4 + H_2 + CO + H_2S = \max, \quad (10)$$

Решение модели (8) – (10) проведено согласно методике [4], принимая условие, что в  $CO_2$  превращается всего 5–10 % С состава угля, а в  $CH_4$  от 5 до 20% С, остальное количество С превращается в  $CO$ . При этом, сера состава угля согласно реакции (7) превращается в  $H_2S$ .

Для решения математической модели использованы составы углей месторождений Зидди, Фон-Ягноб, Шураб и антрацит Назар Айлока, принятых по данным [5–8]. Используются 3 режима газификации угля: **а) вариант 1:** 10% С превращается в  $CO_2$ ; 10% С в  $CH_4$ ; 80% С в  $CO$ ; **б) вариант 2:** 5% С превращается в  $CO_2$ ; 20% С в  $CH_4$  и 75% С в  $CO$ ; **в) вариант 3:** 5% С превращается в  $CO_2$ ; 15% С в  $CH_4$  и 80% С в  $CO$ . Для всех вариантов S превращается в  $H_2S$ .

Расчёт параметров математической модели осуществлён для газификации 100 кг угля при температуре 1000°C. Теплотворность генераторного газа рассчитана по удельным значениям теплотворности газов, принятых по работе [9]:  $CH_4$  – 55.60 мДж/кг;  $CO$  – 10.11 мДж/кг;  $H_2$  – 141.00 мДж/кг;  $H_2S$  – 15.40 мДж/кг.

### Газификация исследуемых углей

Для газификации использованы пробы углей следующих составов, мас. %: **а) Зидди:** 76.4 С; 4.5 Н; 2.2 N; 4.1 O; 1.3 S; 9.2  $A_a$ ; 2.3 W. **б) Фон-Ягноб:** 80.5 С; 4.9 Н; 1.7 N; 2.2 O; 1.3 S; 5.1  $A_a$ ; 4.3 W. **в) Шураб:** 78.3С; 3.5

H; 1.3 N; 2.4 O; 1.8 S; 6.2 A<sub>a</sub>; 6.5 W. г) Назар Айлок: 87.0 C; 3.1 H; 1.2 N; 3.2 O; 1.1 S; 2.8 A<sub>a</sub>; 1.6 W. В табл.1 обобщены результаты материальных балансов газификации исследуемых составов углей и антрацита.

Таблица 1-Результаты материальных балансов газификации твердого топлива

Вариант газификации угля	Расход сырья, кг				Приход продуктов, кг		
	уголь	воздух	водяной пар H <sub>2</sub> O	всего	генераторный газ	зола	всего
Уголь месторождения Зидди							
1	100	75.6	87.6	263.2	254.0	9.2	263.2
2	100	32.0	88.9	220.6	210.3	9.2	219.5
3	100	32.0	82.2	214.2	204.7	9.2	213.9
Уголь месторождения Фон-Ягноб							
1	100	88.4	90.9	279.3	273.6	5.1	278.7
2	100	42.0	86.9	226.9	221.6	5.1	226.7
3	100	42.0	91.0	233.0	227.6	5.1	232.7
Уголь месторождения Шураб							
1	100	87.5	85.4	272.9	266.2	6.2	272.4
2	100	42.4	79.5	221.9	215.4	6.2	221.6
3	100	42.4	85.9	227.9	221.3	6.2	227.5
Антрацит месторождения Назар Айлок							
1	100	91.0	101.6	292.6	289.3	2.8	292.1
2	100	41.0	95.1	236.1	233.1	2.8	235.9
3	100	41.0	101.6	242.6	239.7	2.8	242.5

Во всех вариантах газификации твердого топлива больше всего образуется генераторный газ из антрацита Назар Айлок, меньше всего из угля Зидди. Чем меньше зольность угля, тем больше объём образующего генераторного газа. В таблица 2 обобщены показатели составов генераторного газа и его удельная теплотворность.

Таблица 2 - Состав и удельная теплотворность генераторного газа

Вариант	Состав ( мас.%), количество теплотворных газов (Σ <sub>т.г.</sub> ,%) и удельная теплотворность генераторного газа, Q, мДж/кг								
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	Σ, %	Σ <sub>т.г.</sub> , %	Q
Уголь месторождения Зидди									
1	11.0	4.0	56.2	4.6	0.5	23.7	100	65.3	14.47
2	6.7	7.3	67.9	4.9	0.6	12.6	100	80.7	17.92
3	7.1	9.9	65.3	4.1	0.6	13.0	100	79.9	18.47
Уголь месторождения Фон-Ягноб									
1	10.8	3.9	54.9	4.6	0.5	25.3	100	63.9	14.28
2	6.6	9.7	63.6	4.2	0.6	15.3	100	78.1	17.84
3	6.5	7.1	66.0	5.0	0.6	14.8	100	78.7	18.80
Уголь месторождения Шураб									
1	10,8	3,9	54,9	4,1	0,7	25,6	100	63,6	13,61
2	6,6	9,7	63,6	3,6	0,9	15,6	100	77,8	17,04
3	6,4	7,0	66,1	4,4	0,9	15,2	100	78,4	16,92
Антрацит месторождения Назар Айлок									
1	11.0	4.0	56.2	4.0	0.4	24.4	100	64.6	13.60
2	6.9	10.0	65.3	3.4	0.5	13.9	100	79.2	17.03
3	6.7	7.3	67.8	4.3	0.4	13.5	100	78.8	17.03

Сравнение данных таблицы 2 показывает, что при реализации вариантов 2 и 3 газификации твердого топлива повышается удельное содержание теплотворных газов в составе генераторного газа до 77.8-79.2% против 63.6-65.3% в первом варианте. Разумеется, при этом также повышается удельная теплотворность



генераторного газа, она составляет 17.03-18.8 мДж/кг против 13.6-14.28 мДж/кг, т.е. возрастание её значения составляет 22.2-31.6%. В табл. 3 приведены сравнительные показатели количества и удельной теплотворности генераторного газа всех вариантов газификации углей.

Таблица 3 – Сравнительные показатели генераторного газа

Уголь месторождения	Количество ( $G_{гг}$ ) и удельная теплотворность ( $Q$ ) генераторного газа					
	вариант 1		вариант 2		вариант 3	
	$G_{гг}, кг$	$Q, мДж/кг$	$G_{гг}, кг$	$Q, мДж/кг$	$G_{гг}, кг$	$Q, мДж/кг$
Зидди	254.0	14.47	210.3	17.92	204.7	18.47
Фон-Ягноб	273.6	14.28	221.6	17.84	227.6	18.80
Шураб	266.2	13.61	215.4	17.04	221.3	16.92
Назар Айлок	289.3	13.60	233.1	17.03	239.7	17.03

Удельная теплотворность генераторного газа из углей Зидди и Фон-Ягноб практически одинакова в вариантах газификации углей, однако, надо учитывать, что при этом количество образующего генераторного газа из угля Фон-Ягноб сравнительно больше чем из угля Зидди. Такая же закономерность наблюдается при сравнение результатов газификации угля Шураб и антрацита Назар Айлок, который имеет над исследуемыми углями превосходство по количеству образующегося генераторного газа.

Согласно данным [10, 11], теплотворность исследуемых углей варьируется в пределах: уголь Зидди 6708\_7980 ккал/кг; уголь Фон\_Ягноба 6250\_6829 ккал/кг; уголь Шураба 4147\_6820 ккал/кг; антрацит Назар Айлока в среднем 7475 ккал/кг. Для сравнительных оценок приняты средние значения теплотворности углей в кДж/кг. На рис.1 показана диаграмма изменения теплотворности 100 кг твердого топлива из исследуемых углей из антрацита при газификации по вышеуказанным вариантам.

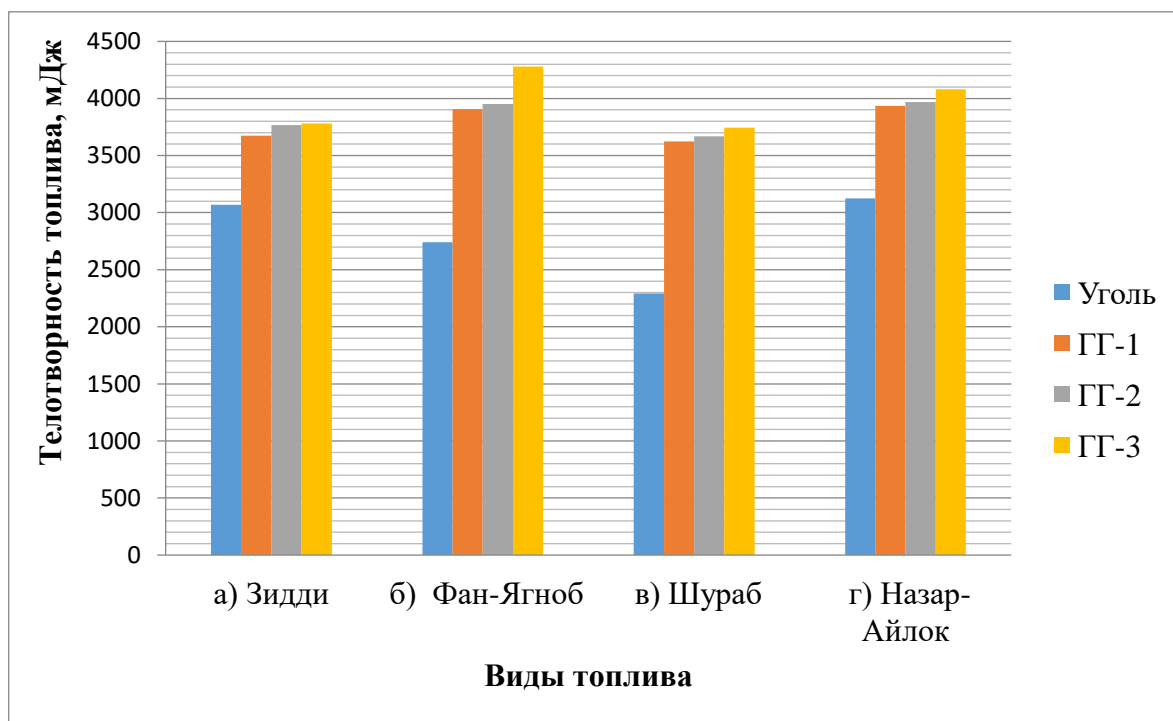


Рисунок 1- Диаграмма теплотворности 100 кг угля и полученного генераторного газа при его газификации. а) Зидди; б) Фон-Ягноб; в) Шураб; г) Назар Айлок

Анализ диаграмм рис.1 показывает, что теплотворность генераторного газа, полученного из угля Зидди на 19.7-23.1%; из угля Фон-Ягноб на 42.6 - 56.2%; из угля Шураб на 58.1 - 63.4% и из антрацита Назар Айлок на 25.9 – 30.6% выше соответствующих значений теплотворности сырья, из которого он получен.

### Заключение

Вышеприведённые результаты показывают на эффективность газификации исследуемых видов твердого топлива. Газификация угля позволяет получить энергетический газ для обеспечения работы тепловых установок при одновременном обеспечении экологической чистоты их производства из-за отсутствия выбросов в атмосферу; также получить технологический газ для обеспечения производства таких

предприятий, как ОАО «Азот», ТалКо и других потребителей природного газа; производство газификации угля можно организовать в любом регионе, где имеется месторождение угля и потребность в использовании газа в качестве топлива или химического реагента. При газификации угля будет использовано и физическое тепло генераторного газа, а также продукты его сжигания могут быть использованы как реакционные газы в производствах химических веществ.

*Рецензент: Эшов Б.Б. — д.т.н., доцент. Директор «Центр исследования инновационных технологий при НАНТ»*

### Литература

1. Сафиев Х. Получение синтезгаза из угля Фон-Ягнобского месторождения. / Сафиев Х., Усманов Р., Азизов Б.С., Мирпочаев Х.А., Сайдалиев Ф.А., Каримов Э.Х. // Доклады АН Республики Таджикистан. 2012. т.55. № 7. с. 577–581.
2. Мельникова Е.Я. Справочник азотчика / под ред. – М.: Химия, 1967. т.1. –492с.
3. Зайцев А.В. Газогенераторные технологии в энергетике./ Зайцев А.В., Рыжков А.Ф., Силин В.Е и др. // Екатеринбург: ООО «ИРА УТК» 2010. 610 с.
4. Бесков С.Д. Технохимические расчёты. /М.: Высшая школа, 1966. 520с.
5. Химическая энциклопедия. / под ред. И.Л.Кнунянц и др.// М.: Советская энциклопедия, 1988, Т.1, 623с.
6. Платонов А.А. Геологический отчёт Зиддинской геологоразведочной партии по работам 1957-60 гг., / Платонов А.А., Тимченко Г.Ф.// Душанбе: Госгеолфонд. 1961.
7. Караваяев Н.М. Способы использования углей Зеравшанской долины в промышленности и их технико-экономические показатели./ Караваяев Н.М., З.А.Румянцева З.А., Певзнер З.И. и др. / Душанбе: АН Таджикской ССР. 1963. 156с.
8. Климов Б.И. Геологическое заключение по горно-разведочным работам шахт №8 и Шурабского бурогольного месторождения. / Душанбе: Госгеолфонд. 1982.
9. Решето А.Н. Исследование углей Средней Азии. Назар-Айлоксское месторождение антрацитов (Отчёт о НИР, раздел 7)/ Екатеринбург: ВУХИН, 1987.
10. Абдурахманов Б.А. Угольная промышленность Таджикистана, состояние и перспективы развития. / Абдурахманов Б.А., Охунов Р.В. // Душанбе: Недра. 2011. 248с.
11. Вохидов М.М. Физико-химические и технологические основы использования антрацита месторождения Назарайлок для производства холоднонабивной подовой массы, / дисс. на соис. уч. степ. к.т.н.// Душанбе. 2017.

131с. СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT

### AUTHORS

TJ	RU	EN
Шарифов Абдумумин	Шарифов Абдумумин	Sharifov Abdumumin
Доктори илмҳои техникаӣ, профессор, мудири шӯъбаи “Энергетикаи гидрогенӣ”	Доктор технических наук, профессор, заведующий отделом “Водородная энергетика”	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of “Hydrogen Energy”
Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ	Институт химии имени В.И.Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin NAST
E-mail: <a href="mailto:sharifov49@mail.ru">sharifov49@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Эмомов Баҳром Файзуллоевич	Эмомов Баҳром Файзуллоевич	Emomov Bakhrom Faizulloevich
Муаллими калони Институти энергетикии Тоҷикистон	Старший преподаватель Энергетического института Таджикистана	Senior lecturer at the Energy Institute of Tajikistan
Институти энергетикии Тоҷикистон	Энергетический институт Таджикистана	Energy Institute of Tajikistan
TJ	RU	EN
Субҳонов Далержон Қосимович	Субҳонов Далержон Қосимович	Subhonov Dalerzhon Kosimovich
Ходими хурди илмӣ	Младший научный сотрудник	Junior Researcher
Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ	Институт химии имени В.И.Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin NAST
E-mail: <a href="mailto:sdqn@mail.ru">sdqn@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Зухурова Мавлуда Ашӯровна	Зухурова Мавлуда Ашӯровна	Zukhurova Mavluda Ashurovna
Номзади илми химия, ходими пешбари илмии шӯъбаи “Энергетикаи гидрогенӣ”	Кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник отдела “Водородная энергетика”	Candidate of chemical Sciences, leading researcher at the “Hydrogen Energy” Department
Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ	Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin NAST
E-mail: <a href="mailto:mavluda.zkhurova@mail.ru">mavluda.zkhurova@mail.ru</a>		

УДК 656.025

## **РАЗМЕЩЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА**

**Ф.Н. Низомзода**

Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются вопросы размещения транспортно-логистических центров (ТЛЦ) в Республике Таджикистан и их значительное влияние на повышение эффективности работы транспортной системы страны. Анализируются ключевые факторы, влияющие на выбор приоритетных мест для размещения ТЛЦ, включая географическое положение, доступ к международным транспортным коридорам, инфраструктурные возможности и потенциал экспорта. Основное внимание уделяется роли ТЛЦ в оптимизации логистических процессов, снижении транспортных затрат, увеличении транзитных перевозок и повышении конкурентоспособности таджикской экономики на международных рынках. Рассмотрены потенциальные выгоды для малых и средних предприятий, а также влияние ТЛЦ на социально-экономическое развитие регионов.

***Ключевые слова:** логистика, логистические центры, грузооборот, объем перевозок грузов, транспортная инфраструктура, международная перевозка*

### **PLACEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN AND THEIR ROLE IN INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT**

**F.N. Nizomzoda**

This article examines the placement of transport and logistics centers (TLCs) in the Republic of Tajikistan and their significant impact on enhancing the efficiency of the country's transportation system. It analyzes key factors influencing the selection of priority locations for TLCs, including geographic positioning, access to international transport corridors, infrastructural capabilities, and export potential. The primary focus is on the role of TLCs in optimizing logistics processes, reducing transportation costs, increasing transit shipments, and improving the competitiveness of the Tajik economy in international markets. The article also discusses the potential benefits for small and medium-sized enterprises (SMEs) and the impact of TLCs on the socio-economic development of regions. Through this exploration, the article highlights the strategic importance of TLCs in facilitating trade and fostering economic growth in Tajikistan.

***Keywords:** logistics, logistics centers, cargo turnover, volume of cargo transportation, transport infrastructure, international transportation*

### **ҶОЙГИРНАМОИИ МАРКАЗҲОИ НАҚЛИЁТИЮ ЛОГИСТИКӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ВА НАҚШИ ОНҲО ДАР БАЛАНДБАРДОРИИ САМАРАНОКИИ КОРИ НАҚЛИЁТӢ**

**Ф.Н. Низомзода**

Дар мақолаи мазкур масъалаи ҷойгирнамоии марказҳои нақлиётию логистикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ва аҳамияти ҳоси онҳо дар баландбардории самаранокии кори системаи нақлиётӣ дида шудааст. Таҳлили омилҳои калидӣ, ки ба ҷойгирнамоии минтақаи афзалитноки марказҳои нақлиётӣ логистикӣ, аз он ҷумла ҳолати ҷуғрофӣ, дастрасӣ ба долонҳои байналмилалӣ нақлиётӣ, иқтидор ва имконияҳои инфрасохториҳо дар бар мегирад, оварда шудааст. Таваҷҷуҳи асосӣ ба нақши МЛН дар муносибгардонии равандҳои логистикӣ, паст кардани хароҷотҳои нақлиётӣ, зиёд намудани ҳамлу нақли транзитӣ ва баландбардории рақобатпазирии иқтисодиёти миллий дар бозори байналмилалӣ дода шудааст. Дар мақола манфиатҳои тавоноӣ барои корхонаҳои хурду миёна, инчунин таъсири МЛН ба рушди иқтисодиёти иҷтимоии минтақа оварда шудааст.

***Калимаҳои калидӣ:** логистика, марказҳои логистикӣ, гардиши бор, ҳаҷми боркашонӣ, инфрасохтори нақлиётӣ, ҳамлу нақли байналмилалӣ*

#### **Введение**

Транспортно-логистические центры (ТЛЦ) являются ключевыми элементами современной транспортной инфраструктуры, способствующими оптимизации логистических процессов, снижению затрат на перевозку и повышению скорости доставки товаров. В условиях глобализации и интенсификации международной торговли, эффективность работы транспортных систем становится приоритетом для каждой страны, особенно для таких транзитных стран, как Республика Таджикистан. Благодаря своему стратегическому расположению в Центральной Азии, Таджикистан имеет огромный потенциал для развития как региональный логистический хаб. Настоящая статья рассматривает значимость размещения ТЛЦ в Республике Таджикистан и их влияние на транспортную и экономическую деятельность страны. Также обсуждаются ключевые факторы, которые следует учитывать при выборе места размещения ТЛЦ и их роль в развитии национальной экономики.

В своем Послании Лидер Нации уважаемый Эмомали Рахмон отметил, что «...кроме того, для полного достижения стратегических целей страны важно создание логистических центров, оптовое распределение и увеличение количества грузовых перевозок, в том числе холодильных транспортных средств, в сотрудничестве с предпринимателями и инвесторами. Министерство транспорта и Государственный комитет по инвестициям и управлению государственным имуществом обязаны и впредь принимать меры для привлечения инвестиций и эффективного осуществления государственных

инвестиционных проектов в области транспортной инфраструктуры, в том числе проекта единой сети цифрового контроля над весом грузового транспорта. Кроме того, Министерству транспорта и таможенной службе необходимо принять меры по расширению пограничных переходов, созданию «зеленых коридоров», использованию цифровых технологий и созданию пограничных терминалов в соответствии с современными международными стандартами.

А также в Республике Таджикистан приняли Государственную программу развития системы логистики в Республике Таджикистан на 2023-2028 годы и План действий Государственной программы развития системы логистики в Республике Таджикистан на 2023-2028 годы. В данной программе цели, задачи и пути развития системы логистики республики на период 2023-2028 годы, представляет классификацию логистических центров, основные подходы к организации мультимодальных логистических центров, транспортно-логистических центров, оптово-потребительских торговых центров, агрологистических центров, планы размещения объектов системы логистики, организация механизмов по улучшению инвестиционного климата для инвесторов и критерии их отбора, определяет методологический процесс управления логистической системой Республики Таджикистан, а также предоставление информации об управлении и функционировании системы логистики страны.

Республика Таджикистан является транзитным узлом между Китаем, Россией, странами Центральной Азии и Южной Азией. Она граничит с такими странами, как Китай, Афганистан, Узбекистан и Кыргызстан, что делает ее важным элементом региональных и международных транспортных коридоров, таких как инициатива «Один пояс, один путь».

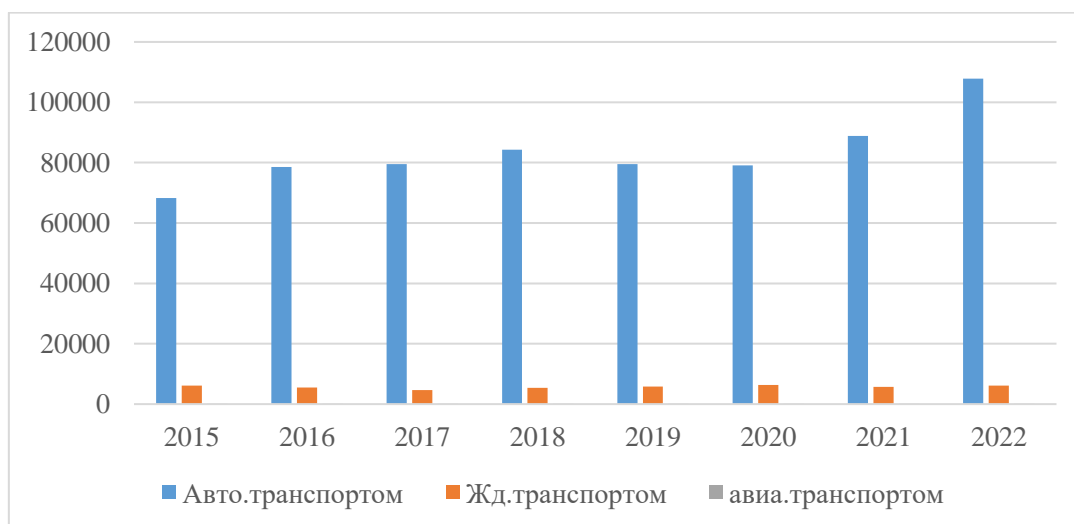


Рисунок 1 - Перевозка грузов всеми видами транспорта в РТ, 2015-2022гг

В Республике Таджикистан более 85% всех грузоперевозок выполняется автотранспортом, что обусловлено рядом факторов:

Благодаря современным технологиям и автоматизированным системам, логистические центры способны быстро обрабатывать большие объемы товаров, что ускоряет время доставки к конечному потребителю или на экспортные рынки и они могут обладать собственными таможенными постами, что облегчает и ускоряет процесс таможенного оформления для импортируемых и экспортируемых товаров.

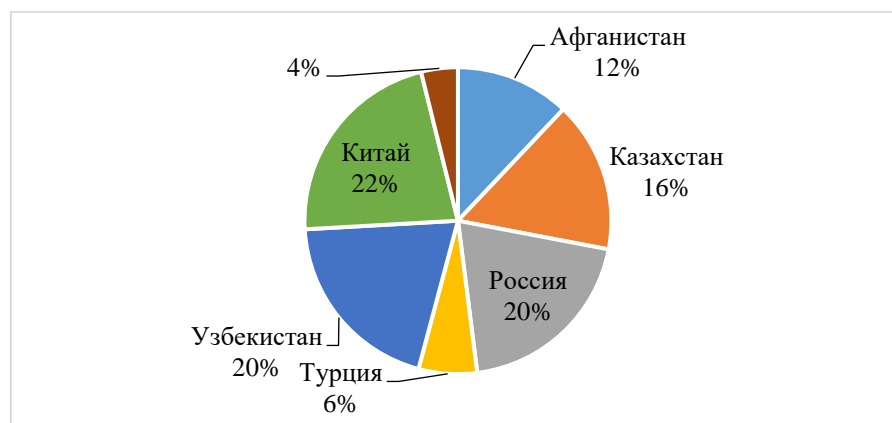


Рисунок 3 – Объем импорта товаров в Республике Таджикистан за 2023 г.

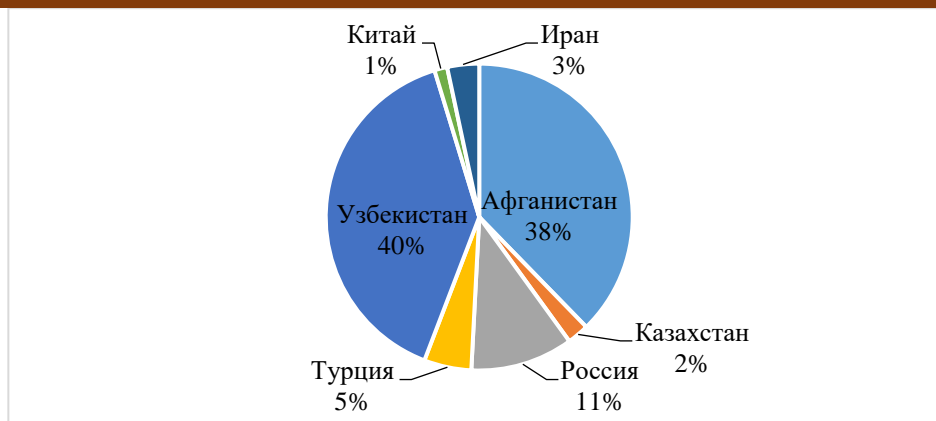


Рисунок 4 – Объем экспорта товаров по странам за 2023 г.

Анализ экспортно-импортных товаров показывает, что для повышения экономической эффективности и устойчивого роста Республики Таджикистан необходимо оптимизировать экспортные и импортные потоки, а также развивать транспортно-логистическую инфраструктуру. Эти логистические центры играют критически важную роль в повышении объемов экспортных и импортных товаров, способствуя оптимизации логистических процессов, сокращению времени и затрат на перевозку, а также повышению общей конкурентоспособности экономики страны. Развитие логистической инфраструктуры является ключевым элементом для улучшения условий ведения бизнеса и повышения уровня внешнеэкономической деятельности.

Объем перевозимых грузов по регионам является важным фактором, влияющим на повышение эффективности работы транспорта и размещение транспортно-логистических центров (ТЛЦ). Этот показатель указывает на ключевые регионы с высоким грузооборотом и показывает, где сосредоточены наибольшие потоки товаров. В регионах с высоким объемом перевозимых грузов, таких как Хатлонская и Согдийская области, необходимость в современных логистических решениях возрастает. Это способствует более быстрому и эффективному распределению товаров, снижению транспортных затрат и повышению производительности транспорта.

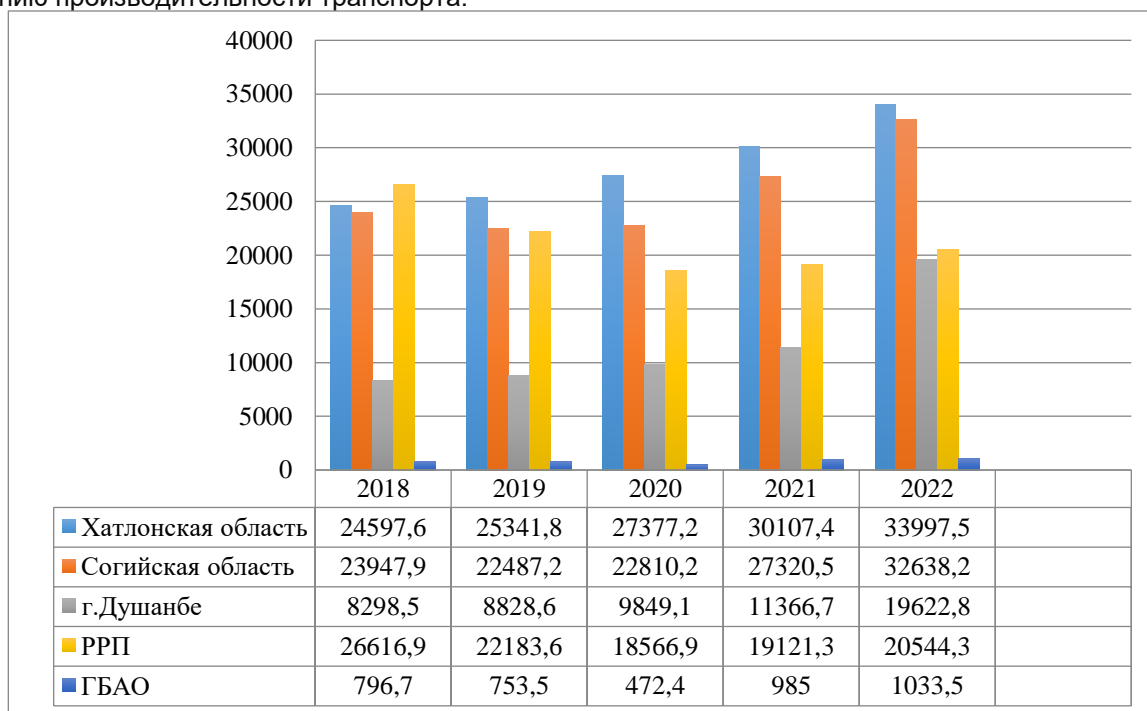


Рисунок 5 - Перевозка грузов автомобильным транспортом по регионам РТ, 2018-2022гг.

Анализ объемов перевозимых грузов по регионам Республики Таджикистан показывает, что транспортно-логистическая деятельность сосредоточена в основном в южных и столичных регионах страны, благодаря их экономической активности и роли в международной торговле. Транспортные коридоры через северные и южные регионы имеют большое значение для транзитных перевозок, в то время как восточные регионы сталкиваются с трудностями из-за сложной географии и ограниченной инфраструктуры.

Для размещения транспортно-логистических центров (ТЛЦ) в Республике Таджикистан включает оценку внутренних сильных и слабых сторон, а также внешних возможностей и угроз (SWOT-анализ). Данный анализ помогает понять, какие факторы могут способствовать или препятствовать успешному развитию логистической инфраструктуры в стране.

Таблица 1 – SWOT-анализ для размещения ТЛЦ в Республике Таджикистан

SWOT-аспект	Описание
Сильные стороны (Strengths)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стратегическое географическое расположение: Таджикистан находится на пересечении транспортных маршрутов между Китаем, Центральной Азией и Европой.</li> <li>- Близость к границам с Узбекистаном, Китаем и Афганистаном, что облегчает экспортно-импортные операции.</li> <li>- Развивающаяся транспортная инфраструктура: Наличие железных и автодорог, связывающих ключевые регионы страны с соседними государствами.</li> <li>- Агропромышленный потенциал Хатлонской области требует эффективной логистики для экспорта сельскохозяйственной продукции.</li> </ul>
Слабые стороны (Weaknesses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нехватка высококачественной инфраструктуры: Некоторые районы страны имеют ограниченный доступ к современным транспортным сетям.</li> <li>- Недостаток инвестиций в развитие логистики и модернизации транспортной инфраструктуры.</li> <li>- Кадровая нехватка: Недостаток квалифицированных специалистов в области логистики и управлении цепями поставок.</li> <li>- Сложная топография страны (горные районы), затрудняющая строительство транспортных путей.</li> </ul>
Возможности (Opportunities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поддержка международных инициатив: Программы, такие как китайская инициатива «Пояс и путь», могут стимулировать инвестиции в логистику.</li> <li>- Рост транзитных перевозок между Китаем, Центральной Азией и Европой открывает новые возможности для Таджикистана.</li> <li>- Развитие экспортного потенциала за счет улучшения логистики для сельскохозяйственной продукции.</li> <li>- Привлечение иностранных инвестиций в создание ТЛЦ, что может ускорить модернизацию инфраструктуры и улучшить экономические перспективы.</li> </ul>
Угрозы (Threats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Политическая нестабильность в соседних странах, таких как Афганистан, может оказать негативное влияние на региональную торговлю и транспорт.</li> <li>- Экономическая нестабильность и колебания на мировых рынках могут снизить объемы перевозок и ослабить логистический сектор.</li> <li>- Изменения в международных торговых соглашениях могут негативно повлиять на торговые маршруты и логистику.</li> <li>- Природные угрозы: Риск землетрясений и других природных катастроф в горных регионах страны.</li> </ul>

Данный SWOT-анализ показывает, что Таджикистан обладает стратегическим потенциалом для размещения ТЛЦ, однако для достижения успеха потребуются устранение слабых сторон и использование возможностей, таких как международные инициативы и рост транзитных перевозок.

Ключевым фактором для выбора места размещения ТЛЦ является географическое положение. ТЛЦ должны быть расположены вдоль международных транспортных коридоров и вблизи крупных транспортных узлов, таких как автомобильные и железнодорожные магистрали. Для Таджикистана приоритетными местами могут стать города **Душанбе**, **Худжанд**, **Куляб** и **Курган-Тюбе**, которые уже имеют доступ к основным транспортным маршрутам страны и соседним государствам. Например, город **Худжанд** играет важную роль в торговле с Узбекистаном и Кыргызстаном, что делает его идеальной точкой для размещения ТЛЦ.



Рисунок 6-Карта размещения транспортно-логистических центров в Республике Таджикистан

Транспортно-логистические центры (ТЛЦ) играют ключевую роль в повышении экономической эффективности и конкурентоспособности страны, особенно в глобализованном мире, где скорость, надежность и стоимость логистических процессов становятся важнейшими факторами экономического роста. Вот основные аспекты их влияния на экономику и конкурентоспособность:

**1. Снижение транспортных затрат и улучшение логистики** – одним из ключевых преимуществ ТЛЦ является снижение транспортных затрат. Централизованная система обработки, хранения и распределения товаров позволяет оптимизировать логистические цепочки и сократить издержки на транспортировку. В условиях Таджикистана, где транспортные маршруты часто являются длинными и сложными из-за горной местности, ТЛЦ помогут минимизировать затраты на перевозку, что особенно важно для малых и средних предприятий.

**2. Повышение конкурентоспособности на международных рынках** – эффективная логистика, поддерживаемая ТЛЦ, позволяет таджикским компаниям более оперативно доставлять свои товары на международные рынки. Быстрая и надежная транспортировка продукции улучшает позиции таджикских товаров на зарубежных рынках, что способствует увеличению экспортных объемов и укреплению национальной экономики. В особенности это важно для сельскохозяйственных товаров, которые требуют оперативной доставки из-за ограниченных сроков хранения.

**3. Развитие регионов и создание рабочих мест** – ТЛЦ также играют важную роль в развитии регионов страны. Строительство и эксплуатация таких центров создает новые рабочие места, способствует развитию местной инфраструктуры и привлекает инвестиции. В долгосрочной перспективе это приведет к экономическому росту регионов, повышению уровня жизни местного населения и улучшению социальной стабильности.

## Заключение

Размещение транспортно-логистических центров в Республике Таджикистан является ключевым элементом в повышении эффективности работы транспорта и развития национальной экономики. Они способствуют улучшению транспортных процессов, снижению издержек, повышению скорости доставки товаров и интеграции страны в международные торговые сети. Развитие сети ТЛЦ на территории Таджикистана не только улучшит внутреннюю логистику, но и укрепит позиции страны как важного транзитного узла в Центральной Азии.

*Рецензент: Сайдализода А.С. – д.т.н., профессор, начальник управления по учебной части ТПУ имени академика*

*М.С. Осимӣ.*

## Литература

1. **Бобылев, С. В.** (2018). *Логистика: теория и практика*. — М.: ИНФРА-М. Описание основ логистики, включая функции логистических центров и их влияние на экономику.
2. **Курбатов, А. Н.** (2019). *Транспортная логистика*. — М.: КНОРУС. Разделы о современных тенденциях в области транспортной логистики и роли логистических центров.
3. **Громыко, А. Н.** (2020). *Управление цепями поставок*. — СПб.: Питер. Исследуется управление цепями поставок, включая роль логистических центров.
4. **Ф.Н. Низомзода** Роль и значение транспортной логистики в развитии экономики страны – Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования № 1 (65) 2024 г.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Низомзода Фахридин Низом	Низомзода Фахридин Низом	Nizomzoda Fakhrudin Nizom
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after acadevician M.S.Osimi
E-mail: <a href="mailto:fnizomzoda@list.ru">fnizomzoda@list.ru</a>		

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье описаны различные методы оценки автомобильных дорог, дорожных одежд и покрытий, разработанные для установления характера дефектов, интенсивности и степени распространения ухудшения дорог. Применение различных методов испытаний дорожной одежды и покрытий дают возможность определить различные дефекты с целью их своевременного выявления и устранения.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, оценка состояния, типы дефектов, трещины, дорожное покрытие, исследования, финансирование.

### БАҲОДИҶИИ ҲОЛАТИ РОҲҶОИ АВТОМОБИЛГАРД

С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков

Дар ин мақола усулҳои гуногуни баҳодиҷии роҳҳои автомобилгард, ҷодаи роҳ ва фаршии он тавсиф карда шудааст, ки барои муайян намудани хусусияти камбудихо, шидатнокӣ ва дараҷаи фарсудаҷавии роҳ пешбини шудаанд. Истифода бурдани усулҳои гуногуни санҷиши фарши роҳ имконият медиҳад, ки камбудихои гуногунро барои сари вақт ошкор ва бартараф намудани онҳо ҷорачӯй карда шаванд.

**Калидвожаҳо:** роҳҳои автомобилгард, ҳолати баҳодиҷӣ, навъҳои камбудихо, тарқишҳо, фарши роҳ, тадқиқот, маблағгузорӣ.

### ASSESSMENT OF THE CONDITION OF MOTOR ROADS

S.B. Mirzozoda, O.A. Krasikov

This article describes various methods for assessing highways, pavements and pavements, designed to determine the nature of defects, intensity and extent of road deterioration. The use of various testing methods for road pavement and coatings makes it possible to identify various defects in order to identify and eliminate them in a timely manner.

**Keywords:** highway, condition assessment, types of defects, cracks, road surface, research, financing.

## Введение

Существуют различные процедуры оценки состояния автомобильных дорог и дорожной одежды, подходящие для дорог с асфальтобетонным покрытием (рисунок 1). В первую очередь это относится к компетенции инженеров-дорожников, которые несут прямую ответственность за содержание автомобильных дорог.

Фактически данные процедуры имеют отношение к сети автомобильных дорог, страдающей от повышенного роста повреждений, причиной которым служат непостоянный контроль качества материалов и технологии во время строительства, высокая нагрузка на ось транспортного средства, недостаточное и несвоевременное финансирование содержания дорог.

В данной статье описаны различные методы оценки дорожной одежды, разработанные для установления характера, интенсивности и степени распространения ухудшения дорог. Возможно применение различных разрушающих и неразрушающих методов испытаний дорожной одежды и описание того, как результаты данных испытаний могут быть интерпретированы, в обоих случаях можно устанавливать причины ухудшений и оценивать прочность существующей автомобильной дороги.

Существует много видов оценки состояния автомобильных дорог, которые подробно описываются с целью их использования в оценках результатов исследований и изучения возможностей. Сбор и анализ данных, полученных в результате проведенного исследования можно использовать при проектировании, для планирования содержания и для принятия решений по размерам финансирования.

## Что такое Оценка Автомобильной дороги?

Процесс оценки отдельных участков или автомобильной дороги в целом может быть разделён на следующие этапы:

1. Установление участка автомобильной дороги для проведения оценки.
2. Технические возможности и предварительное проектирование дорог.
3. Детальное проектирование.
4. Реализация.
5. Оценка.

Изучение оценки дорожной одежды на стадии этапа предварительного проектирования устанавливает характер, интенсивность дорожного движения, степень дорожных ухудшений, причины ухудшений и прочность существующей дорожной одежды. Эта информация вместе с результатами испытания материалов используется для альтернативной стратегии содержания или реабилитации.

Данная оценка будет предполагать социальное влияние, воздействие окружающей среды и экономическую жизнеспособность каждой альтернативы. Экономическая жизнеспособность обычно оценивается с использованием существующих моделей инвестирования дорог, таких как программа HDM-IV. На стадии детального проектирования оценка дорожной одежды основывается на похожей



информации, но частота измерений может увеличиваться для утверждения решений по изучению возможностей и оптимизации проектирования каждого участка автомобильной дороги.

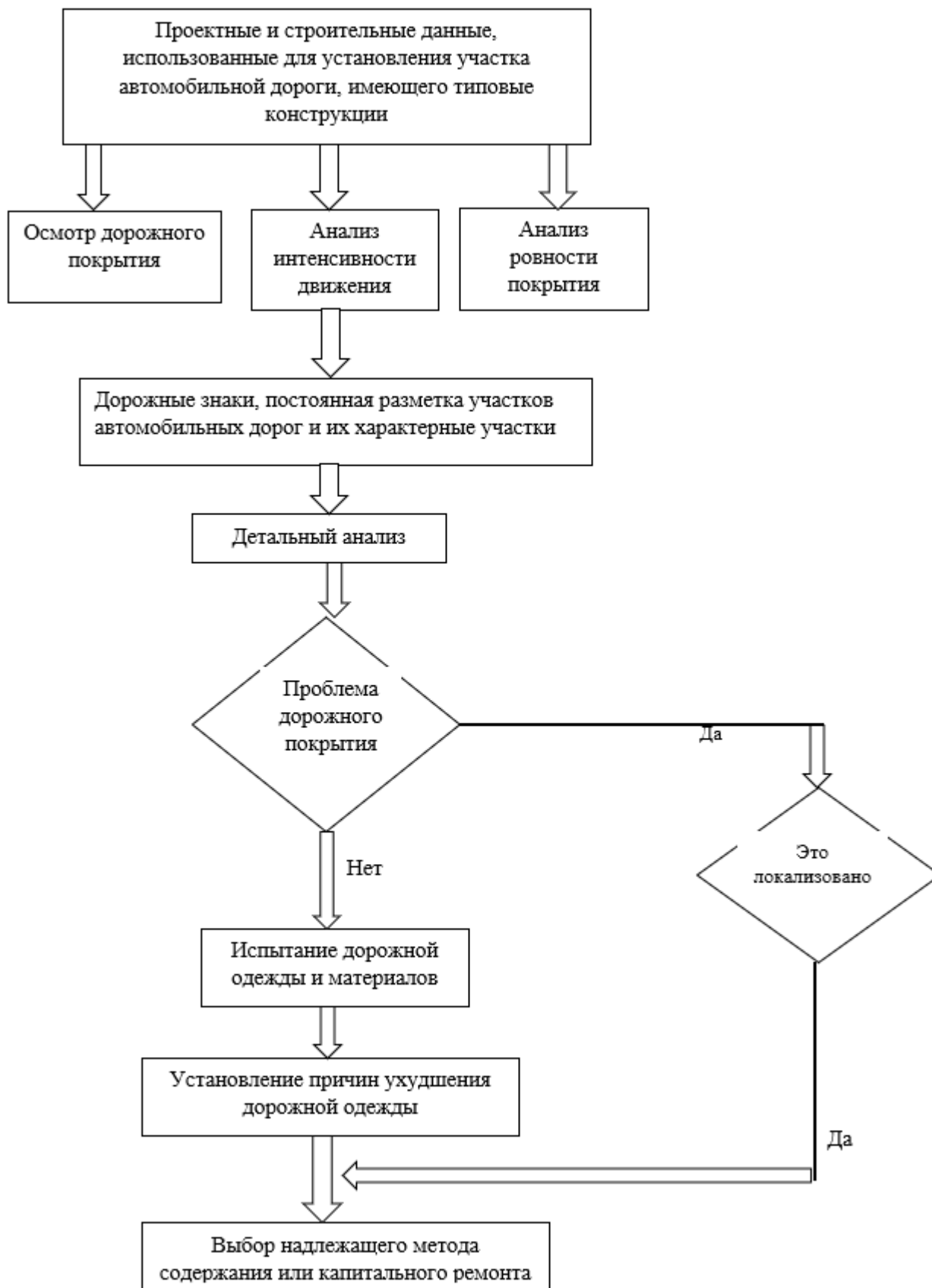


Рисунок 1 - Процедура оценки дорог и дорожной одежды

### Оценка проведения исследований дорожной одежды и покрытия

Процесс выбора методов содержания или реабилитации дорог показан на рис.1, который можно резюмировать следующим образом:

1. Сбор и толкование существующих проектных, строительных и эксплуатационных данных;
2. Установление состояния покрытия, ровности и анализ транспортного потока;
3. Проведение испытаний материалов и конструкций;
4. Установление причин ухудшения состояния дорожной одежды и покрытия;
5. Выбор надлежащих методов содержания или реабилитации.

Руководство для каждой автомобильной дороги будет по-разному подходить к управлению дорожной сетью. Некоторые руководители принимают всесторонний подход с поддержкой формальной системы управления дорогой и сбор данных на регулярной основе для целей планирования и программирования. Собранные данные, как часть такой системы, часто являются достаточными для изучения возможностей на стадии подготовки технико-экономического обоснования, но редко бывают достаточными для детального проектирования.

Процедуры, описанные в данной статье, основаны на предположении, что доступна лишь малая часть данных, однако, в иной ситуации, рекомендации могут быть без труда адаптированы. Например, ступени, предшествующие подробному образу состояния (рисунок 2) могут выполняться на регулярной основе. Тем не менее, перед использованием данных, полученных из других источников, всегда следует проверять их достоверность.

### **Интерпретация существующих данных**

Данные о проектировании, строительстве и техническом обслуживании, если они доступны, могут быть использованы для установления типа и примерной толщины конструкции дорожного покрытия. С использованием данных, на участках дороги, имеющих одинаковый номинал, определяется толщина и тип конструкции. Каждый отрезок участка дороги рассматривается отдельно и оценивается.

Транспортная нагрузка на стандартные оси (ESA), которые несёт дорожное покрытие, предусмотрена в эквиваленте 80 кН на ось, поскольку его конструкция должна быть рассчитана на основе нормативного документа (TRL, 1993b). Часто бывает, что исторические данные об интенсивности дорожного движения доступны, а данные о нагрузке на ось не были собраны. Если отсутствует одно из этих данных, то следует проводить классифицированные обследования по интенсивности и нагрузкам на ось в рамках оценочных мероприятий с целью установления достоверных значений. Методика проведения таких обследований должна описываться в нормативных документах.

Важно, чтобы там, где это возможно, данные о нагрузке на ось должны быть разделены по направлению движения, как и любые различия в нагрузках на ось и могут быть полезны для выявления причины разрушения дорожного покрытия. Значительные различия могут возникнуть на дорогах, ведущих к карьерам или крупным промышленным предприятиям, куда, например, экспортируется или импортирует сырьё.

### **Состояние и шероховатость поверхности дорожного покрытия**

После деления дороги на участки с аналогичными конструкциями, может возникнуть необходимость повторного её деления, исходя из текущего состояния дороги. Это можно сделать, проведя осмотр любого участка. Лучший способ проведения такого обследования заключается в том, чтобы исследовательское транспортное средство останавливалось на интервалах 500 метров или 1 километр для описания технического состояния дорожного покрытия, которое должно быть точно описано с помощью выбора критериев износа дорожного покрытия. Здесь можно отметить, что важные аспекты ухудшения состояния дороги могут быть упущены, если транспортное средство не остановилось и участникам опроса не предоставлена возможность внимательно осмотреть дорогу. Неровности дороги должны также измеряться на этом этапе оценки. Эти измерения необходимы для экономической оценки и полезны при определении участков дороги с аналогичным состоянием. Тогда дорогу можно разделить на более короткие однородные участки на основе нижеследующего:

- время с момента постройки;
- загрузка интенсивности движения;
- тип износа дороги; и
- топография.

Затем проводится детальное обследование состояния участков дороги. Когда однотипные участки относительно короткие, детальное обследование состояния лучше всего проводить на всю длину участка. Однако, если имеются ресурсы, тогда можно обследовать по одному километру, длина дороги может быть использована для определения причины повреждения покрытия. Отрезок участка дороги, исследуемый этим методом, должен составлять не менее 10% от каждого исследуемого участка дороги.

Прежде чем проводить детальное обследование состояния покрытия или участка покрытия, инспектор обследует каждый километр протяженности дороги и отмечает дефекты на аналогичных участках. Для международных дорог максимальная длина обследуемого участка должна составлять 50

или 100 метров, однако, длина участка может быть сокращена до 10 метров, если дорога сильно разрушена.

В ходе детального обследования состояния поверхности дороги (характер, степень, тяжесть и положение) фиксируются следующие дефекты:

1. Дефекты покрытия (износ, шелушение, трещины и т.д.);
2. Образование трещин;
3. Деформация (за исключением колеи);
4. Выбоины и ямы;
5. Разрушения кромки.

Вся информация фиксируется один раз в начале каждого участка. Важно, чтобы колеиность измерялась точно по сравнению с другими неразрушающими методами испытаний, проводимыми в том же месте.

Ресурсы и оборудование, необходимые для обследования состояния дорог, учитываются с учётом их эксплуатационных характеристик в зависимости от вида проводимого обследования.

Рекомендуемая форма описания поверхности дороги и данные о её состоянии приведена в таблице 1. Она предназначена для фиксирования дефектов на дорогах с твердым покрытием, износ которых варьируется в зависимости от таких факторов, как тип конструкции, погодных условий и интенсивности дорожного движения. Однако существует ряд дефектов, которые являются общими для всех типов дорожных покрытий, степень повреждения которых приведено в таблице 2. В форме о состоянии покрытия имеются три пустые графы, которые следует использовать, если встречаются другие дефекты, описанные в таблице на рисунке 2.

Таблица 1 - Образец формы состояния дорожного покрытия

Наименование	Описание
№ Дороги	Принятый государством номер маршрута
№ Формы	Номер последовательного проезда
Дата	День, месяц, год
Инспектор	Ф.И.О. инспектора
Начало	Некоторые страны установили разметки для существующей инвентаризации дорог. В этом случае они могут быть использованы. Если нет, то должны использоваться постоянные отметки, такие как пересечения.
Направление	В направлении к постоянным особенностям, предпочтительно большим городам
Ширина дороги	Ширина должна измеряться и регистрироваться в начале каждой формы
Покрытие	Тип (асфальтобетонная, битуминозная обработка)
Обочина	Тип (гравийная, связная) и ширина
Привязка	Начальная точка имеет привязку 0+000. Если используются 50-метровые блоки, то последующая привязка будет 0+050, 0+100... и т.д.
Тип трещин	L, T, V, C или P
Интенсивность трещин	Номера 0-5
Состояние трещин	V, O или CW
Ширина трещин	Номера 1-4
Распространённость трещин	Номера 1-3
Глубина колеи	Максимальное значение, зафиксированное в каждой крайней или наружной полосе движения. Если имеет место сдвиг, то значение должно округляться
Полируемость заполнителя	H, A или S
Текстура покрытия	Определение далее по тексту
Выбоины и заплаты	Определение далее по тексту

### Дефекты покрытия:

#### Выступление битума на поверхность и "жирные" пятна.

Выступление битума на поверхность обычно наблюдается сначала на проезжей части и является результатом того, что битум выступает на дорожное покрытие под воздействием движения. "Жирное" покрытие - это менее экстремальная форма выступления битума, когда покрытие становится очень гладким, но имеется недостаточно вяжущего для формирования сплошной плёнки на покрытии. Рекомендуются следующие определения:

- выступание битума: сплошной слой вяжущего покрывает заполнитель;

- "жирное" покрытие: появляется гладкость и блеск, но заполнитель заметен.

Выступание битума и "жирное" покрытие часто могут быть не сплошными. В асфальтобетонном покрытии это может стать результатом изменений в процессе перемешивания, локального нанесения сверху подгрунтовки или вторичного уплотнения под движением. При поверхностной обработке причиной этого может быть различие в подготовке покрытия или слабый контроль качества во время операций розлива или россыпи щебня.

Форма описания состояния дорожного покрытия и обочин

Анализ состояния покрытия		Номер дороги			Дата			Инспектор		
Начальная точка		Ширина дороги			Поверхность			Обочина		
Привязка к началу										
П О Т Н О Ы	Т Р Е Щ И Н Ы	Тип								
		Интенсивность								
		Положение								
		Ширина								
		Протяженность								
Ш Е Н И Ю К	Глубина колеи									
	Полировка заполнителя									
	Текстура покрытия									
	Выбоины									
П О Т Н О Ы	Т Р Е Щ И Н Ы	Тип								
		Интенсивность								
		Положение								
		Ширина								
		Протяженность								
Ш Е Н И Ю К	Глубина колеи									
	Полировка заполнителя									
	Текстура покрытия									
	Выбоины									

Рисунок 2 - Форма подробного описания состояния покрытия

### Прочие дефекты

К прочим дефектам относятся следующие: износ, зачистка, потеря камня, депрессии, волны и краевые повреждения.

### Выкрашивание

Выкрашивание - это последующий после шелушения процесс разрушения покрытия, при котором от покрытия отделяются более крупные зёрна минерального материала. Выкрашиваются не только покрытия переходного типа, но и все усовершенствованные из-за потери связи между зёрнами материалов. Из асфальтобетонных покрытий выпадают зёрна щебня, плохо сцепленные с битумом (зёрна кремния). Причинами выкрашивания покрытий служит также низкое качество смесей из-за перевозки их в самосвалах (остатки песка попадают в покрытие), недоуплотнения покрытия в холодную и дождливую погоду и т.п. Приостановить этот процесс можно путём укладки защитного слоя. Например, при резких разворотах грузового автомобиля потеря мелкого заполнителя с поверхности приводит к отсутствию связи между инертным и вяжущим материалом, которая может в конечном итоге приводить к потере крупного заполнителя и образованию выбоин и ям.

### Потеря камня

Потеря камня при поверхностной обработке из-за плохой адгезии между связующим и заполнителем появляется на ранних стадиях при укладке покрытия. Это начинается на колесных

дорожках, но со временем проблема может распространиться и на всю проезжую часть. Однако потерю камня часто можно определить по скоплению инертных материалов на краю дорожного покрытия. Степень дефекта определяется согласно записям таблицы 3.

Рекомендуется следующее определение потери камня: сплошная пленка битума видна из-за потери совокупности.

### Степень повреждения

Степень растрескивания определяется как длина поврежденного блока, как показано в таблице 2. Степень растрескивания следует фиксировать независимо от интенсивности.

Таблица 2 - Степень повреждения

Степень	Длина повреждённого блока (%)
1	< 10
2	10-50
3	> 50

### Деформация

По оценке деформация дорожного покрытия делится на две группы.

Во-первых, это те дефекты с короткими длинами волн, серьёзность которых можно определить с помощью простой двухметровой линейки и калиброванного клина. Во-вторых, это дефекты с более длинными волнами, которые лучше всего количественно определить с помощью более сложных инструментов для профилирования дорог.

### Текстура покрытия

Возможность асфальтобетонного покрытия обеспечить требуемый коэффициент сцепления регулируется его макротекстурой или микротекстурой. Макротекстура покрытия, как измерение глубины его текстуры, особенно влияет на коэффициент сцепления при высокой скорости путём обеспечения маршрута стока воды между шинами и дорожным покрытием. Анализ состояния покрытия должен включать качественную оценку текстуры на полосах наката так, чтобы её можно было при необходимости использовать для запуска количественных испытаний. В качестве руководства предлагаются категории, указанные в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Визуальная оценка текстуры покрытия

Текстура	Описание
Мелкая (B)	Покрытие гладкое и крупнозернистые заполнители (если есть) в покрытии не заметны, например, песчаный слой, мелкозернистый "slurry seal" или гладкий асфальтобетон.
Средняя (C)	Дорога имеет гладкий внешний вид и обычно включает мелкий заполнитель. При наличии, любые крупнозернистые заполнители видимы, но покрытие не кажется крупнозернистым из-за мелких заполнителей между крупными частицами, например, новое 6 мм однослойное покрытие или 13/6 мм двухслойное покрытие.
Крупная (K)	Покрытие выглядит крупнозернистым с хорошо заметными заполнителями, например, 13 мм покрытие.

Таблица 4 - Визуальная оценка полируемости заполнителя

Состояние	Величина	Описание
Шероховатый (Ш)	< 75 55-75	Камни весьма шероховатые, кромки острые при касании
Угловатый (У)	45-55 35-45	Камни острые и угловатые, но не шероховатые
Гладкий (Г)	< 35	Камни округлые и гладкие при касании

### Примечание:

1. Величина коэффициента сцепления (SVR) измеряется портативным прибором (RRL, 1969г.)
2. Шероховатые камни имеют шершавую поверхность при касании.

### Образование трещин

Оценка трещин должна отвечать двум целям. Во-первых, она должна установить страдает ли дорожная одежда и покрытие от нагрузки, или повреждения не связаны с нагрузкой. Во-вторых, она должна оценить будет ли влиять интенсивность образования трещин на эксплуатационные качества любого последующего нового слоя дорожной одежды в результате отражённых трещин.

Данные задачи наилучшим образом будут выполнимы путём установления пяти характеристик образования трещин:

1. Тип.
2. Интенсивность.
3. Положение.
4. Ширина.
5. Протяжённость.

Далее, рассмотрим каждую из этих характеристик более подробно, а именно:

### 1. Тип.

Хоть часто и нет единственных причин для любого типа трещин, Справочник может предложить вероятные причины их появления. Причины образования трещин более подробно обсуждаются ниже. Предложено различать 5 типов трещин. Ниже они перечислены и проиллюстрированы на рисунке 3.

- L - продольные трещины;
- T - поперечные трещины;
- B - блоки трещин;
- C - сетка трещин;
- P - параболические трещины.

### 2. Интенсивность.

Интенсивность образования трещин разделяется на 6 уровней, описанных ниже. Если интенсивность трещин меняется в пределах любого блока, то это должна быть интенсивность, преобладающая из зарегистрированной.

- 0 - нет трещин;
- 1 - одиночные трещины;
- 2 - более одной трещины - несвязные;
- 3 - более одной трещины - взаимосвязанные;
- 4 - сетка трещин;
- 5 - интенсивное образование сетки трещин с качающимися блоками под движением.

### 3. Положение

Положение трещин регистрируется. Трещины могут ограничиваться либо в пределах (V), либо за пределами (O) полос движения, или могут быть распространены по всей проезжей части (C/W).

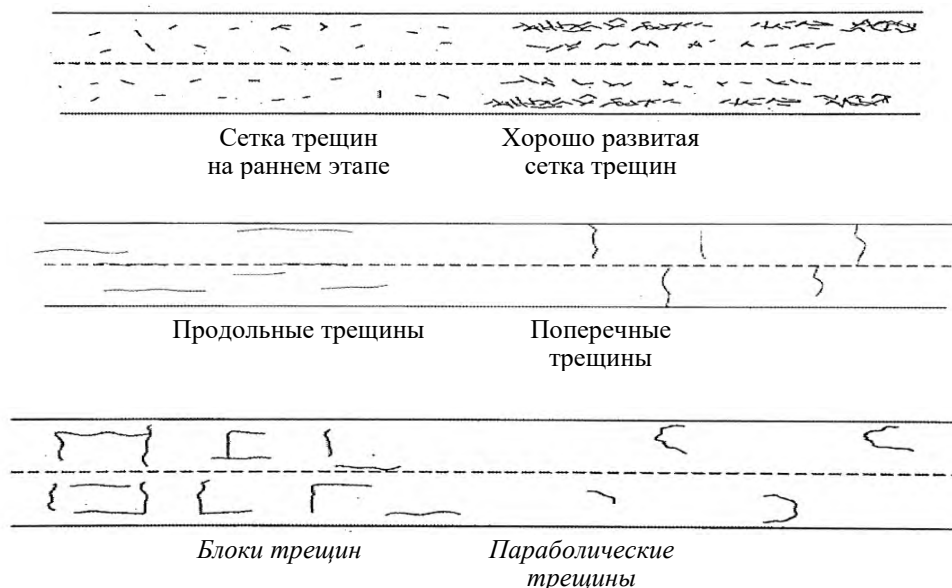


Рисунок 3 - Типы трещин

### 4. Ширина.

Измерение ширины трещин затруднительно, но имеет значение, потому что ширина частично определяет можно ли эффективно заделать имеющуюся трещину. Как показано ниже, рекомендуются четыре категории. Первые три для трещин, которые без разрывов: трещины со значительными разрывами классифицируются как с шириной 4. Первоначально, до знакомства специалистов с системой, ширина трещин может быть измерена простым прибором "идёт / не идёт", показанным на

рисунке 4. Ширина трещин обычно меняется в пределах любого блока, и регистрируется та ширина трещины, которая преобладает.

- 1 - ширина трещины < 1 мм
- 2-1 мм < ширина трещины < 3 мм
- 3 - ширина трещины > 3 мм
- 4 - трещины со сколами

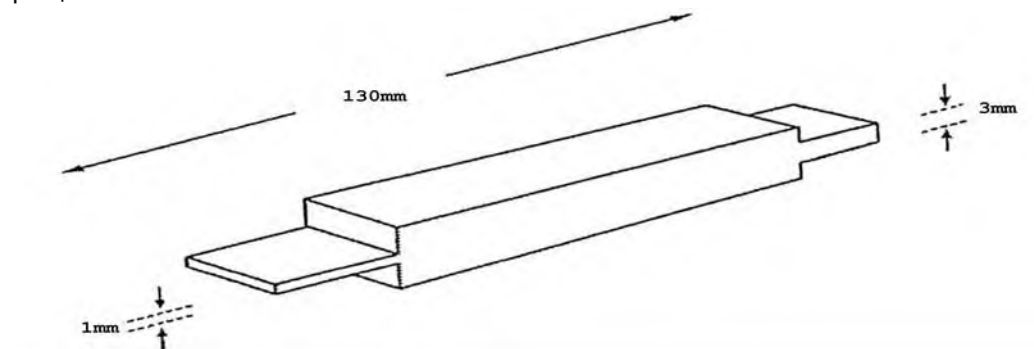


Рисунок 5 - Шаблон для измерения трещины

## 5. Протяжённость.

Протяжённость трещин определяется длиной поражённого блока, как показано на рисунке 3.

Протяжённость трещин должна регистрироваться независимо от интенсивности.

## Заключение

Можно отметить, что при оценке состояния автомобильных дорог и дорожных покрытий, следует учитывать такие факторы как интенсивность дорожного движения, нагрузку на ось, степень дорожных ухудшений, причины ухудшений и прочность существующей дорожной одежды, которые являются особенно необходимыми для предварительного проектирования и установления размера финансирования.

Важность применения различных методов исследований для оценки технического состояния автомобильных дорог заключается в том, что полученные результаты служат основой для проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог, а также для оценки экономических выгод, которые могут быть получены путём улучшения этих участков.

Техническое состояние сети автомобильных дорог Таджикистана напрямую зависит от качества проведения исследований существующих повреждений дорог и покрытий, выбора наиболее рациональных и эффективных методов их оценки, а также достоверности собранной информации по имеющимся дефектам с целью их своевременного анализа и устранения.

*Рецензент: Умаров С.С. — к.т.н., доцент кафедры "Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций" ТПУ имени академика М.С. Осими.*

## Литература

1. Мирзозода, С.Б. Некоторые методы и пути повышения содержания дорожных одежд и покрытий / Мирзозода С.Б., Мирзоев Ф.// Политехнический Вестник, серия Инженерное исследования, Душанбе: 2024г, №2(66), с.122-128
2. Мирзозода, С.Б. Причины разрушений и появления дефектов на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог / Мирзозода С.Б.// «Журнал Содружества Независимых Государств», МСД. Москва: 2023г, № 04/ 2023 (107), с. 90-93.
3. Мирзоев, С.Б. Задачи по улучшению состояния сети автомобильных дорог/ Мирзоев С.Б., Каримов Б.Б., Махсум В.// «Журнал Содружества Независимых Государств», МСД Москва: 2023г, № 03/2023 (106), с. 53-58.
4. Кутузов, В.В. Диагностика автомобильных дорог/ Кутузов, В.В., Курочкин Н.В // «Белорусско-Российский Университет», Могилев, 2020, с. 36.
5. Соболевская С.Н. Диагностика автомобильных дорог/ Соболевская С.Н., Ходин Е.П.// Пособие для студентов специальности 1-700301, Автомобильные дороги. - Минск. - БНТУ. - 2020. - с.72.
6. Руденский, А.В. Экспертный метод оценки состояния асфальтобетонных покрытий/ Руденский А.В., Штроберг А.А., Коргезян Э.А.// труды РосдорНИИ, вып.1. М, 1989, с.114-122.

7. AASHTO. Design pavement structures American Association of State Highway and Transportation Officials DC.// America, 1993.

8. Bertrand C. Evaluation of a high-resolution profiling instrument for rise in road roughness calibration Research Board Washington DC. /Bertrand C., Harrison R and Hudson W R// Washington 1991.

9. Некрасов В.К. Эксплуатации автомобильных дорог. /Некрасов В.К., Алиев Р.М.// Учебник для студентов высших учебных заведений, по специальности «Автомобильные дороги», Москва: Высшая школа 1983г. с.68-74

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН -  
INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Мирзозода Сухроб Бегмат	Мирзозода Сухроб Бегмат	Mirzozoda Sukhrob Begmat
номзади илмҳои техники, дотсент	кандидат технических наук, доцент	candidate of technical sciences, professor
Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.	Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
E-mail: <a href="mailto:sukhrob63@mail.ru">sukhrob63@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Красиков Олег Александрович	Красиков Олег Александрович	Krasikov Oleg Alexandrovich
доктори илмҳои техники, профессор	доктор технических наук, профессор	doctor of technical sciences, professor
Раиси Шурои экспертию илмии назди Шурои Байниҳуқумати Роҳсозон	Председатель Экспертно-научного совета при Межправительственном Совете Дорожников	Chairman of the Expert and Scientific Council under the Intergovernmental Council of Road Workers
E-mail: <a href="mailto:kin28@mail.ru">kin28@mail.ru</a>		



УДК 656.338:656.072+577.4

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

М.Р. Саидзода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье исследуется, обзор существующих методов и моделей управления транспортными системами с учетом экологических аспектов. Выявлены, основные методы и модели управления транспортными системами с учетом экологических аспектов. Рассмотрены, интегрированные модели транспортного планирования, экологические модели оценки воздействия, модели управления и оптимизации транспортных систем, устойчивое транспортное планирование, информационные технологии и системы поддержки принятия решений, а также рассмотрены методы и способы воздействия на экологическую обстановку города.

**Ключевые слова:** интегрированная модель, экологическая модель, модели управления, оптимизация транспортных систем, транспортное планирование, информационные технологии, системы поддержки, способы воздействия, экологическая обстановка.

## БАРРАСИИ УСУЛҶО ВА МОДЕЛҶОИ МАВҶУДАИ ИДОРАКУНИИ СИСТЕМАҶОИ НАҚЛИЁТӢ БО НАЗАРДОШТИ ҶАНБАҶОИ ЭКОЛОҶӢ

М.Р. Саидзода

Дар мақола, баррасии усулҳо ва моделҳои мавҷудаи идоракунии системаҳои нақлиётӣ бо назардошти ҷанбаҳои экологӣ таҳқиқ карда шудааст. Усулҳо ва моделҳои асосии идоракунии системаҳои нақлиётӣ бо назардошти ҷанбаҳои экологӣ муайян карда шуданд. Моделҳои ҳамгирошудаи банақшагирии нақлиёт, моделҳои экологии арзёбии таъсир, моделҳои идоракунии ва оптимизатсияи системаҳои нақлиёт, банақшагирии устувори нақлиёт, технологияҳои иттилоотӣ ва системаҳои дастгирии қабули қарорҳо, инчунин методҳо ва усулҳои таъсиррасонӣ ба муҳити экологии шаҳр баррасӣ шудааст.

**Вожаҳои калидӣ:** модули ҳамгирошуда, модели экологӣ, моделҳои идоракунии, оптимизатсияи системаҳои нақлиётӣ, банақшагирии нақлиёт, технологияҳои иттилоотӣ, системаҳои дастгирӣ, усулҳои таъсир, муҳити зист.

## REVIEW OF EXISTING METHODS AND MODELS OF TRANSPORT SYSTEM MANAGEMENT, TAKING INTO ACCOUNT ENVIRONMENTAL ASPECTS

M.R. Saidzoda

The article examines an overview of existing methods and models for managing transport systems, taking into account environmental aspects. The main methods and models of transport system management, taking into account environmental aspects, have been identified. Integrated models of transport planning, environmental impact assessment models, models of management and optimization of transport systems, sustainable transport planning, information technology and decision support systems are considered, as well as methods and methods of influencing the environmental situation of the city.

**Keywords:** integrated model, environmental model, management models, optimization of transport systems, transport planning, information technology, support systems, methods of impact, environmental situation.

### Введение

Управление транспортом в Республике Таджикистан осуществляется различными государственными органами и агентствами, в том числе Министерством транспорта, агентством Дорожной отрасли и другими соответствующими ведомствами. Они занимаются разработкой и реализацией политики и стратегии в области транспорта, контролируют работу АТП.

Основными полномочиями ГУТ Правительства РТ согласно Закону РТ «О транспорте» [4] являются:

- защита интересов Республики Таджикистан в области транспорта;
- осуществление межгосударственного и международного сотрудничества в сфере транспорта;
- разработка проектов законодательных и иных актов, стандартов, норм, определяющих правовой и нормативный порядок функционирования всех видов транспорта, независимо от форм собственности;
- разработка государственных национальных программ и концепции развития всех видов транспорта, формирование и проведение инвестиционной, научно-технической и социальной политики, а также подготовка кадров;
- создание условий для обеспечения потребностей экономики и населения республики в перевозках и связанных с ними услугах;
- контроль за соблюдением прав потребителей транспортных услуг.

### Обзор литературы

Анализ научно-исследовательских работ [1-3] показывает, что существуют различные модели, которые рассматривают проблемы моделирования транспорта, транспортно-технологическую систему страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте, оптимизации маршрутов, а также управление транспортными потоками [5-9].

### Методика исследования

Государственная служба по надзору и регулированию в области транспорта РТ выполняет следующие функции:

- осуществление контроля за техническим состоянием транспортных средств, включая проверку и сертификацию соответствия требованиям безопасности и экологических стандартов. Координация технического осмотра, гарантирование соответствующей процедуры и контроль качества;
- проведение проверок и расследований при нарушениях правил дорожного движения, авариях и инцидентах. Определение и назначение административных и финансовых санкций, а также привлечение к ответственности лиц, нарушающих правила и нормативы;

- осуществление контроля и регулирования в отношении воздействия транспортной деятельности на окружающую среду, включая меры по снижению выбросов, мониторинг и обработку отходов, содействие использованию экологически чистых и энергоэффективных технологий;

- сотрудничество с другими государственными органами, международными организациями и заинтересованными сторонами для обмена информацией, координации деятельности и разработки совместных стратегий в области транспорта и безопасности на дорогах.

Эти функции выполняются с целью обеспечения безопасности, порядка и повышения эффективности транспортного сектора в Республике Таджикистан. Контроль и регулирование осуществляются для защиты интересов граждан, обеспечения безопасности дорожного движения, охраны окружающей среды и развития устойчивой транспортной системы.

**Согласно Положению Государственной службы по надзору и регулированию в области транспорта Республики Таджикистан имеет право [6]:**

- проверять деятельность физических и юридических лиц, осуществляющих транспортную, экспедиционную, дорожную и иную деятельность на транспорте и в дорожном хозяйстве, а также организацию ремонта и ТО транспортных средств, работу терминалов, в части соблюдения нормативных правовых актов и международных договоров на транспортном комплексе, а также требовать от них предоставления информации, необходимой для выполнения возложенных на них задач;

- создавать пункты контроля транспортных средств в пунктах пересечения государственной границы РТ, а также по согласованию с Министерством внутренних дел РТ на автомобильных дорогах, создавать стационарные КПП, оснащать их необходимым оборудованием и инструментами для проведения проверок транспортных средств;

- проводить проверки транспортных средств на линиях, терминалах, КПП на соответствие транспортному законодательству и лицензионным требованиям и условиям, приостанавливать действие, продлевать срок действия лицензии, а также обращаться в суд для аннулирования действия выданной лицензии;

- приостановление, возобновление действия сертификатов и их аннулирование в транспортном комплексе, рассмотрение дел об административных правонарушениях, составление актов, административных протоколов, уведомление, выдача инструкций, распоряжений, принятие решений, обязывающих лицензиата устранить выявленные нарушения в установленные сроки;

В соответствии с Постановлением Правительства РТ от 31.10.2014 №702, Государственная служба по надзору и регулированию в сфере транспорта РТ имеет право:

- контролировать соблюдение норм и правил при строительстве автомобильных дорог, мостов, тоннелей, эстакад, уличных галерей, а также при благоустройстве и строительстве коммерческих непромышленных объектов, заправочных станций и других сервисных объектов на разделительных линиях автомобильных дорог;

- участие в расследовании ДТП, контроль за выполнением профилактических мероприятий по повышению уровня безопасности, участие в работе комиссий по транспортному комплексу;

- вносить предложения исполнительным органам государственной власти и правоохранительным органам о привлечении виновных к ответственности, а также о мерах по предотвращению ДТП, нарушений правил пользования транспортом и экологических требований, повышению уровня обслуживания в транспортном комплексе.

Структура Центрального аппарата ГСН и РТ в новой редакции в соответствии с Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 06.01.2015 г. №2 показано в рисунке 1.

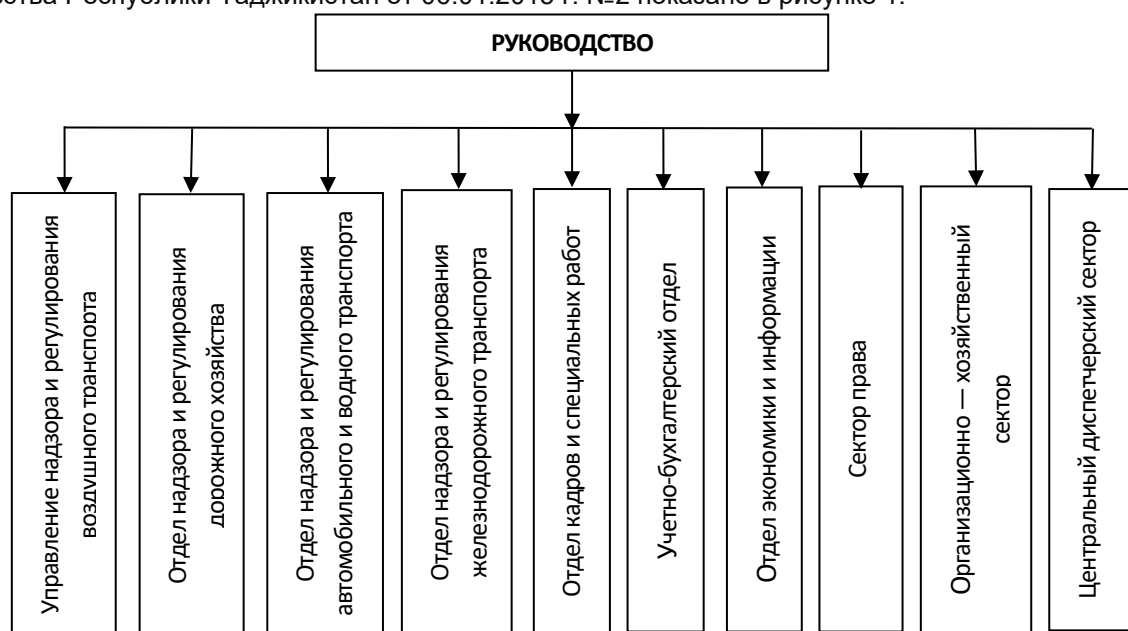


Рисунок 1 - Структура Центрального аппарата ГСН и РТ Республики Таджикистан

Схема управления ГСН и РТ в новой редакции в соответствии с Постановлением Правительства РТ от 06.01.2015 №2 приведен на рисунке 2.

Государственное унитарное предприятие «Центр сертификации работ и услуг сферы транспорта», Утвержден Постановлением Правительства РТ от 2 августа 2010 года № 399.

Государственная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года» [5] разработана на основе многофакторного анализа, прогнознoй оценки и программы развития всех компонентов транспортного комплекса РТ с учетом того, что транспортный комплекс является движущей силой по отношению к другим реальным секторам экономики страны.

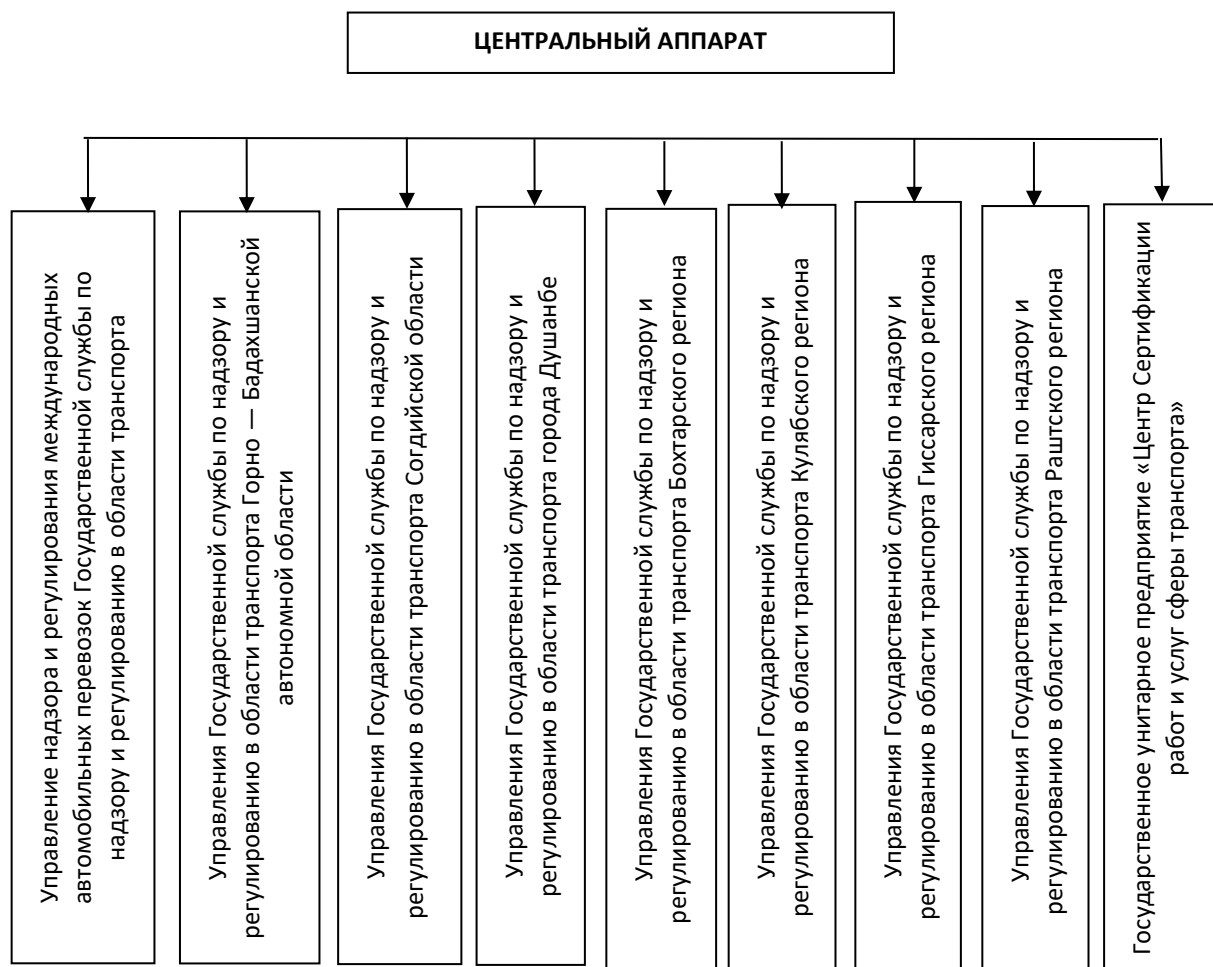


Рисунок 2 - Схема управления Государственной службы по надзору и регулированию в области транспорта в Республике Таджикистан

Обзор литературы по методам и моделям управления транспортными системами с учетом экологических аспектов охватывает широкий спектр исследований, подходов и технологий [5-12]. Рассмотрим некоторые основные такие методы, рисунки 3, 4, 5, 6.

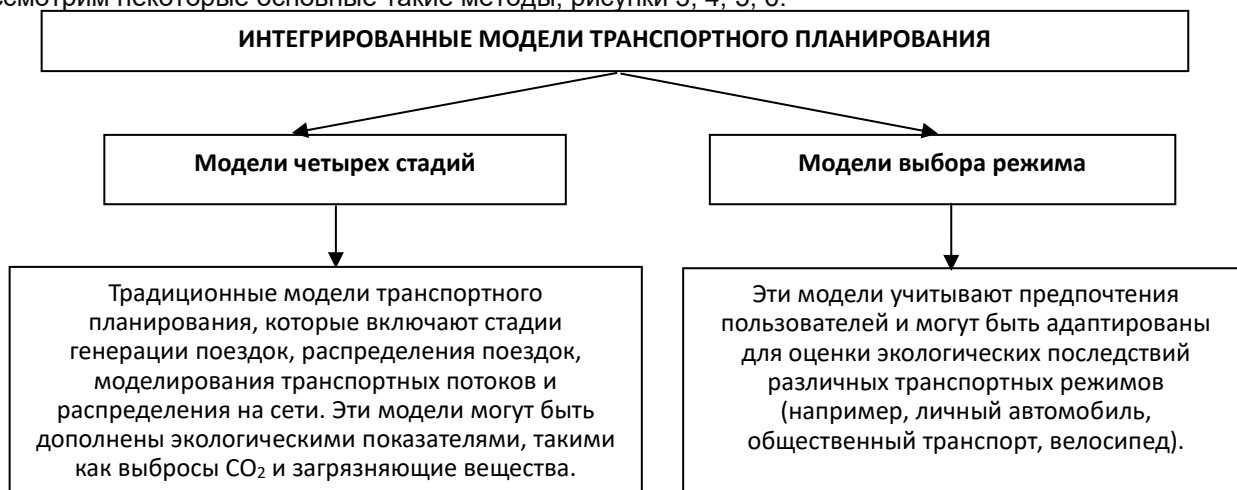


Рисунок 3 - Интегрированные модели транспортного планирования

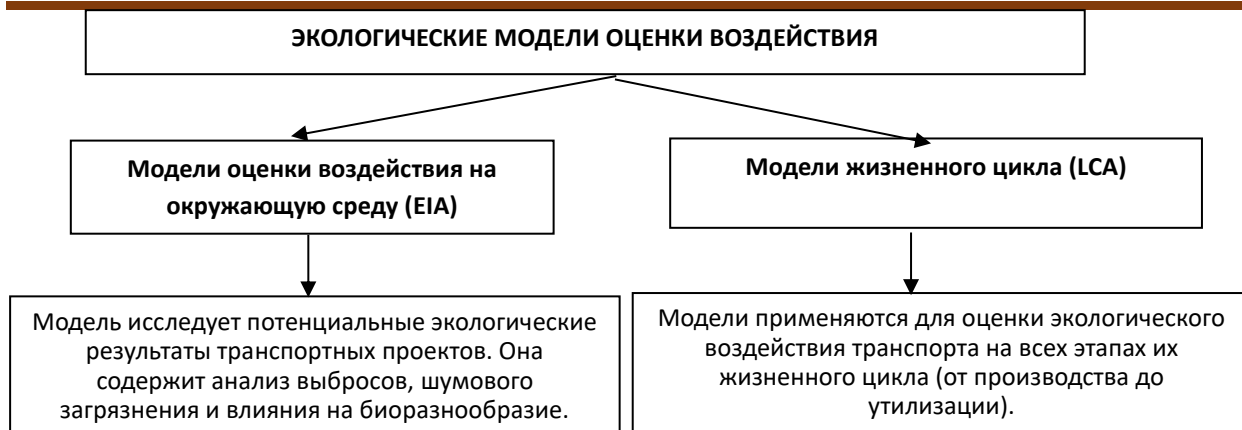


Рисунок 4 - Экологические модели оценки воздействия



Рисунок 5 - Модели управления и оптимизации транспортных систем

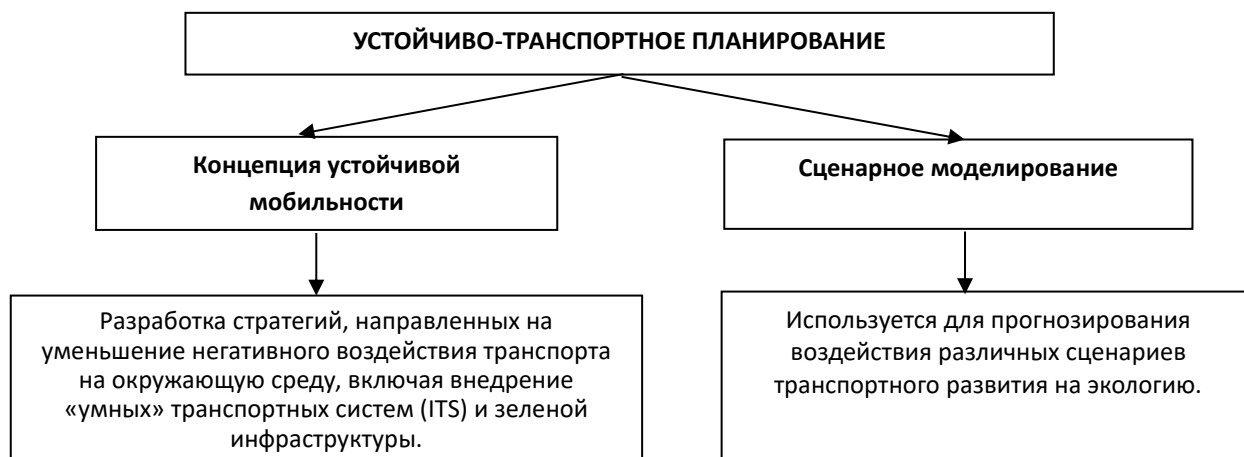


Рисунок 6 - Устойчивое транспортное планирование

Обзор зарубежной научной литературы показывает, что методы и модели управления транспортными системами с учетом экологических аспектов охватывают разнообразные подходы, от традиционных моделей транспортного планирования до современных технологий и концепций устойчивого развития. Эти исследования подчеркивают важность интеграции экологических факторов в транспортное планирование и управление для достижения устойчивого развития городов и улучшения качества жизни населения.

### Результаты исследования

Основные результаты исследования включают:

1. Реконструкция и строительство дорог высокого качества, включая магистрали и автомагистрали. Создание и модернизация мостов, тоннелей и других элементов дорожной инфраструктуры. Улучшение дорожной безопасности, включая строительство развязок и обновление сигнализации.
2. Модернизация и расширение существующих железных дорог. Строительство новых линий и сооружений, увеличение емкости и повышение проходимости.

3. Оптимизации городского общественного транспорта (автобусы, троллейбусы и маршрутки). Развитие других видов транспорта (электромобилей, троллейбус, метрополитен).

### Обзор возможных практических применений исследования

Оптимизация и управление транспортными и транспортно-технологическими системами страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте требуют комплексного исследования и системного подхода, который включает различные методы и стратегии:

1. Принятие новой стратегии для устойчивости транспортных и транспортно-технологических систем страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте, которые включают политику применения экологически чистых транспортных средств (электромобилей), развитие общественного транспорта (автобусы, троллейбусы, метрополитен), развитие и поощрение пешеходных и велосипедных перевозок, а также ограничение автомобильных поездок (личных автомобилей).

2. Применение альтернативных источников энергии в транспортной системе (электромобили, водорода, биотопливо, развитие транспортной инфраструктуры для их зарядки и заправки).

3. Принятие концепции по совершенствованию использования топлива (применение гибридных технологий, улучшение аэродинамики, внедрение систем управления энергопотреблением).

4. Использование IT технологий при управлении транспортными и транспортно-технологическими системами страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте, оптимизация маршрутов, управление транспортными потоками, с целью предотвращения скопления транспорта на дорогах.

5. Мотивация применения экологически чистых автомобилей, использования альтернативных видов передвижения, разработка правовых норм для минимизации влияния на окружающую среду.

### Вывод

Исследуемые методы отражают часть рассматриваемой проблемы, которую можно использовать в качестве управления транспортными и транспортно-технологическими системами страны, её регионов и городов, организации производства на транспорте. Важно приспособлять их к условиям транспортной и транспортно-технологических систем Республики Таджикистан.

*Рецензент: Юнусов М.Ю. – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТПУ имени академика М.С. Осими*

### Литература

1. Фохаков А.С. Эффективность транспортного обслуживания населения горного региона в условиях рыночной экономики (на примере Республики Таджикистан). / Дис. на соис. уч. степ. к.э.н. / Фохаков А.С. Душанбе, 2004г.

2. Фохаков А.С. Научно-прикладные аспекты обеспечения устойчивого развития транспортно-технологических систем обслуживания населения горных регионов Таджикистана. / Дис. на соис. уч. степ. д.т.н. / Фохаков А.С. Душанбе, 2020г.-350с.

3. Турсунов А.А., Абдуллоев М.А. Методические указания по корректированию нормативов технической эксплуатации автомобилей в горных условиях / Турсунов А.А., Абдуллоев М.А. - Министерство транспорта РТ. Душанбе 2002г-16с.

4. Закон Республики Таджикистан «О транспорте» от 29 ноября 2000г., № 32.

5. Государственная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года» Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 апреля 2011 года №165.

6. Постановления Правительства РТ от 2.10.2010г. №527.

7. Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 31.10.2014 г. №702. Государственной службы по надзору и регулированию в области транспорта Республики Таджикистан.

8. Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling Transport. Wiley.

9. Zuo, J., & Zhao, Z. (2014). Life Cycle Assessment of Transport Systems: A Review. Sustainability, 6(12), 8303-8325.

10. Daganzo, C. F. (2005). The Dilemma of the Transportation System. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(8), 673-690.

11. Banister, D. (2008). The Sustainable Mobility Paradigm. Transport Policy, 15(2), 73-80.

12. Jankowski, P., & Nyerges, T. L. (2001). Geo-Decision Support Systems: Principles and Practices. Geographical Information Science, 19(4), 287-299.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Саидзода Мухаммад Раҳим	Саидзода Мухаммад Раҳим	Saidzoda Muhammad Rahim
Ассистенти кафедраи ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт	Ассистент кафедраи организация перевозок и управление на транспорте	Assistant of the Department of Organization of Transportation and Transport Management
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after acadevician M.S. Osimi
e. mail: <a href="mailto:muhammadjon_R@mail.ru">muhammadjon_R@mail.ru</a>		

УДК 669.16.621.81.004.062

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА АУСТЕНИТНО-МАРГАНЦОВИСТОГО ЧУГУНА ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ СО СМАЗКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ АБРАЗИВ

<sup>1</sup>Ш.М. Ясинов, <sup>2</sup>Х.М. Абдуллаев, <sup>3</sup>А.М. Умирзоков

<sup>1</sup>Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемура

<sup>2</sup>Таджикский национальный университет

<sup>3</sup>Таджикский технический университет имени академик М.С. Осими

Изучена структура, антифрикционные свойства и обрабатываемость аустенитно-марганцовистых чугунов (АМЧ) с различной предысторией (в состоянии отливки, после закалки и после отжига с последующей закалкой). Показано, что для всех чугунов с возрастанием температуры масла износ как колодки, так и ролика возрастают; при этом скорость износа при  $T > 34^{\circ}\text{C}$  несколько выше, по сравнению с более низкими температурами. Установлено, что при концентрации абразива 10% от веса масла, отношение износа ролика к износу колодки максимальное. Дальнейшее увеличение концентрации абразива в масле приводит к уменьшению этого отношения, из-за перекагывания абразивных частиц и поглощения их металлом. Показана возможность определения приработки по отношению фаз ( $S_{\alpha}/S_{\gamma}$ ) на поверхности трения.

**Ключевые слова:** марганцовистый чугун, трение, износ, смазка, абразив, микроструктура чугуна, приработка.

### ТАҶҚИҚИ ФАРСУДАШАВИИ ЧҶҶАНИ АУСТЕНИТИИ МАНГАНДОР ҲАНГОМИ СОИШИ ЛАҶҶИШ БО РАВҶАНИ МОЛИДАНИЕ, КИ АБРАЗИВ ДОРАД

Ш.М. Ясинов, Ҳ.М. Абдуллаев, А.М. Умирзоков

Соҳтор, ҳосиятҳои зиддифриксионӣ ва коркарди ҷўянҳои аустенитии мангандори таърихи гуногундошта (дар ҳолати рехтагарӣ, пас аз обубодихӣ ва пас аз бозпӯхт бо обубодихии минбаъда) омӯхта шудаанд. Нишон дода шудааст, ки барои тамоми ҷўянҳо бо баланд шудани ҳарорати равған фарсудашавии ҳам колодка ва ҳам ролик меафзояд; дар айни ҳол суръати фарсудашавӣ дар ҳароратҳои  $T > 34^{\circ}\text{C}$  нисбат ба ҳароратҳои паст каме баландтар аст. Муқаррар гардидааст, ки дар концентратсияи абразиви 10%-и вази равғанро ташкилдиҳанда таносуби фарсудашавии ролик ба фарсудашавии колодка қимати калонтарин дорад. Афзоиши минбаъдаи концентратсияи абразив дар равған боиси паст шудани ин таносуб мешавад, ки сабаби ин дар ғелиши зарраҳои абразивӣ ва аз ҷониби металл чаббиди шудани онҳо аст. Имкони муайян намудани ҳурдашавӣ аз рӯи таносуби фазаҳо ( $S_{\alpha}/S_{\gamma}$ ) дар сағҳи соиш нишон дода шудааст.

**Калидвожаҳо:** ҷўяни мангандор, соиш, хурдашавӣ, равғанмолӣ, абразив, микросоҳтори ҷўян, ба кор омодашавӣ.

### STUDY OF WEAR OF AUSTENITIC-MANGANESE CAST IRON UNDER FRICTION SLIDING WITH LUBRICANT CONTAINING ABRASIVE

SH.M. Yasinov, KH.M. Abdullaev, A.M. Umirzokov

The structure, antifriction properties and machinability of austenitic-manganese cast irons with different prehistory (in the state of casting, after hardening and after annealing with subsequent hardening). It is shown that for all cast irons with increasing oil temperature the wear of both the pad, and roller increase with increasing oil temperature; at the same time the wear rate at  $T > 34^{\circ}\text{C}$  is slightly higher in comparison with lower temperatures. It is found that at a concentration of abrasive 10% of the weight of oil, the ratio of roller wear to pad wear is maximum. Further increase concentration of abrasive in the oil leads to a decrease in this ratio, due to the rolling of the abrasive particles and their absorption by metal. The possibility of determining running-in by the ratio of phases ( $S_{\alpha}/S_{\gamma}$ ) on the friction surface.

**Keywords:** manganese cast iron, friction, wear, lubrication, abrasive, cast iron microstructure, running-in.

#### Введение

АМЧ находят широкое применение в узлах трения сельскохозяйственных, мелиоративных, горных, дорожно-строительных машин и оборудования, а также тракторов, автомобилей и экскаваторов.

Вопросам их износостойкости, а также теоретическим и практическим значениям АМЧ, посвящены исследования Лядского В.Б., Станчева Д.И. Попова В.С., Попова Д.А. и др. [1,2,3]. Трение в сопряжениях машин со смазкой, содержащей абразив, является широко распространённым явлением в условиях Республики Таджикистан, обусловленное высоким уровнем запыленности воздуха, а также в условиях горных карьеров при разработке горных пород. Повышение износостойкости аустенитно-марганцево-вистого чугуна при трении со смазкой, содержащей абразив, представляет особый интерес, что обусловлено повышением эксплуатационной надёжности и эффективности функционирования машин и механизмов в суровых условиях среды в Таджикистане.

Известно, что в аустенитно-марганцовистых чугунах при приработке без смазки на поверхностях трения происходит фазовое превращение  $\gamma \rightarrow \alpha$ , соотношение которых со временем приработки непрерывно изменяется. В работе [4,5,6] была показана возможность более точного установления границы окончания приработки и установившегося процесса изнашивания по посто-янству фазового состава и по ширине интерференционной линии методом рентгеноструктурного анализа. Цель настоящей работы заключается в приложении указанного метода к определению окончания приработки для аустенитно-марганцовистого чугуна при трении со смазкой, содержащей абразив при различных нагрузках.

#### Материалы и методы исследования

Изучена износостойкость аустенитно-марганцовистого чугуна следующего химического состава: общее содержание углерода - 3,5; углерод в связанном состоянии - 1,12; углерод в форме графита - 2,38, марганец - 10,67; сера - 0,021; кремний - 3,96 и фосфор - 0,195%.

Плавка чугуна проводилась в трехфазовой дуговой электропечи ДСН-0,5. Шихта: литейный коксовый чугун (ЛК1) - 600 кг, ферромарганец (85%) - 115 кг, ферросилиций (45%) - 20 кг, бой электродов - 12кг. Для изготовления образцов (колодок), испытываемых на износ, отжигались заготовки диаметр-ром 60 мм и высотой 300 мм. На наружной поверхности колодок делалось сверление диаметром 4,5 мм и глубиной 2,5-3 мм для шарика самоустанавливающегося приспособления. Колодки изнашивались роликами из стали 45Г2 после закалки ТВЧ (НРС=57-58) по схеме, представленной на рис. 1.

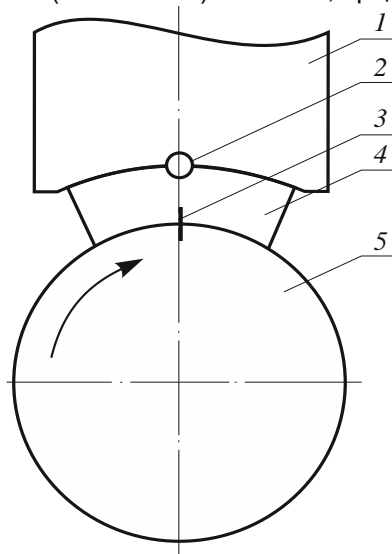


Рисунок 1 – Схема установки ролика и колодки для испытания на износ на машине МИ: 1- приспособление с маркером, 2 - шарик, 3 - риска, 4 - колодка, 5 - ролик

Следовало ожидать, что термическая обработка приведет к изменениям структуры, антифрикционных свойств и обрабатываемости аустенит-марганцовистого чугуна [8]. Чугун испытывался в состоянии отливки, после закалки и после отжига с последующей закалкой. В состоянии отливки отжиг колодок проводился в железной трубке с чугунной стружкой, путем нагревания колодок до 800-850°C в течение 2-3 часов и охлаждением в печи. Для обычной закалки и закалки после отжига, колодки нагревались в той же среде до температуры 1000-1100°C, выдерживались при этой T в течении 5 часов, а затем охлаждались в проточной воде. Описание микроструктур и твердости чугуна в трех состояниях приведены в табл.1.

Таблица 1 – Описание микроструктуры чугуна

Состояние чугуна	Описание микроструктур		Твердость по НВ
	Шлиф нетравленный	Шлиф травленный	
После отливки	Графит: ГФ1; Гд 6...Гд 9. Преобладает Гд 8...Гд 9. Имеются участки с весьма грубыми включениями графита	Сталистая основа: аустенит, мартенсит, карбиды крупных и средних размеров. Карбиды распределены в металлической основе неравномерно	180 - 190
После закалки	Графит: ГФ1; ГФ2; Гд 5...Гд 9. Преобладает ГФ2 и Гд 5 ... Гд 9. Графита стало несколько меньше, пластинки длиннее, чем у чугуна в состоянии отливки	Сталистая основа: аустенит, карбиды средних размеров. Аустенитное зерно стало меньше, чем у чугуна после отливки. На аустените видны линии скольжения	140 - 150
После отжига с последующей закалкой	Графит: ГФ1; ГФ3. Гд7...Гд 9. Преобладает: ГФ2. Пластинки графита в отличие от двух других состояний чугуна стали короче и не образуют сетки	Сталистая основа: аустенит и мелкие карбиды. Четко видны зерна аустенита. Карбиды равномерно распределены в металлической основе	150 - 160

Перед испытанием на износ, поверхность трения колодок подвергалась металлографическому и рентгенографическому контролю. На износ в состоянии отливки испытывались такие колодки, у которых отношение площадей фаз на рентгенограмме ( $S_{\alpha}/S_{\gamma}$ ) было в пределах 0,7-0,8. Колодки из чугуна после закалки и после отжига с последующей закалкой испытывались на износ в том случае, когда величины интерференционных максимумов линии (311) не отличались более чем на 5-10%.

Лабораторные испытания на износ проводились на машине трения СМЦ-2, конструкция которой позволяет изменять нагрузку в широких пределах и приближать лабораторные испытания к

эксплуатационным. Нагрузку на машине от 50 до 250 Н можно регулировать с помощью специального приспособления (противовеса), установленного на каретке.

Для изучения относительной износостойкости материалов, как свойства, не зависящего от твердости абразива, необходимо, чтобы твердость абразива была существенно выше твердости испытуемого материала. Карбиды в структуре чугуна являются самой твердой составляющей ( $H_M \sim 90-110$  МПа). Для лабораторных испытаний износостойкости образцов было выбрано машинное масло МС, а в качестве абразива - электрокорунд 320 с твердостью 290 МПа.

При эксплуатации многих машин, в подшипники скольжения попадает различное количество абразива [7]. Было исследовано влияние концентрации абразива в масле на износ от 2,5 до 30% (по весу). На практике, часто подшипники скольжения смазываются принудительной подачей смазки, или погружением в неё. Для приближения условия лабораторных испытаний к эксплуатационным, ролик во время испытаний погружался в масло, содержащее абразив. Фаска, выполненная на колодке, облегчает равномерное попадание масляно-абразивной смеси между поверхностями трения образцов. Абразив в масле перемешивался специальной мешалкой, установленной перед роликом. Эффективность работы мешалки проверялась взвешиванием одинаковых порций масла, взятых в ванночки из разных мест во время испытания. Разница в весе не превышала 5%. По мере работы абразив теряет свои режущие свойства. Для исключения влияния этого фактора, масло после каждого испытания на износ заменялось.

При трении, особенно при больших давлениях, температура масла повышается. Повышение температуры может привести к понижению вязкости масла и неравномерному износу образца. Для установления влияния удельного давления на температуру масла, испытания проводились при одинаковой температуре, которое достигалось тем, что после каждого очередного взвешивания и рентгенографирования образцов, масло охлаждалось в воде до температуры 30-31°C.

При изнашивании со смазкой трудно получить надежные результаты износа, из-за впитывания масла графитом и порами чугуна. Можно предполагать, что образцы чугуна в различных состояниях будут впитывать масло по-разному и, чем больше образцы прирабатываются и чем выше температура испытания масла, тем больше они впитывают его. Для исключения влияния указанных факторов, образцы пропитывались маслом при температуре 100°C, так как при испытании их в интервале выбранных удельных давлений, температура масла не превышает эту температуру.

При снятии образцов для взвешивания и последующей их установки на машину, для испытания сопряжения, поверхности трения образцов могут нарушиться. Необходимо было найти способ закрепления образцов, который не вызвал бы повторной приработки при испытании на износ и обеспечивал их правильную установку. Приспособление с шариком оказалось пригодным для этой цели. При снятии и повторной установки образцов момент трения оставался постоянным (рис. 1).

Изучение процесса изнашивания и оценка износостойкости материала производились после приработки. Об окончании приработки судили по прилеганию колодки и ролика, по установившемуся износу, постоянству коэффициента трения и фазового состояния на поверхности трения. Во избежание задира во время приработки, нагружение осуществлялось ступенями. Давление 0,25 МПа прилагалось сразу. Приработка начиналась с 0,25 МПа и когда коэффициент трения становился постоянным, удельное давление доводилось до 0,5 МПа. Для остальных значений давления приработка осуществлялась согласно схеме нагружения, представленной в табл.2.

Таблица 2 – Схема нагружения образцов аустенитно-марганцовистого чугуна при трении скольжения со смазкой, содержащей абразив

Давление, МПа	Схема нагружения приработки, МПа							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0	7,5	10,0
0,5	+							
1,0	+	+						
1,5	+	+	+					
2,0	+	+	+	+				
2,5	+	+	+	+	+			
5,0	+	+	+	+	+	+		
7,5	+	+	+	+	+	+	+	
10,0	+	+	+	+	+	+	+	+

Определение износа и рентгенографирование образцов производились после приработки через 1000 оборотов ролика. Весь цикл испытания одной пары образцов был равен 5000 оборотам. Износ

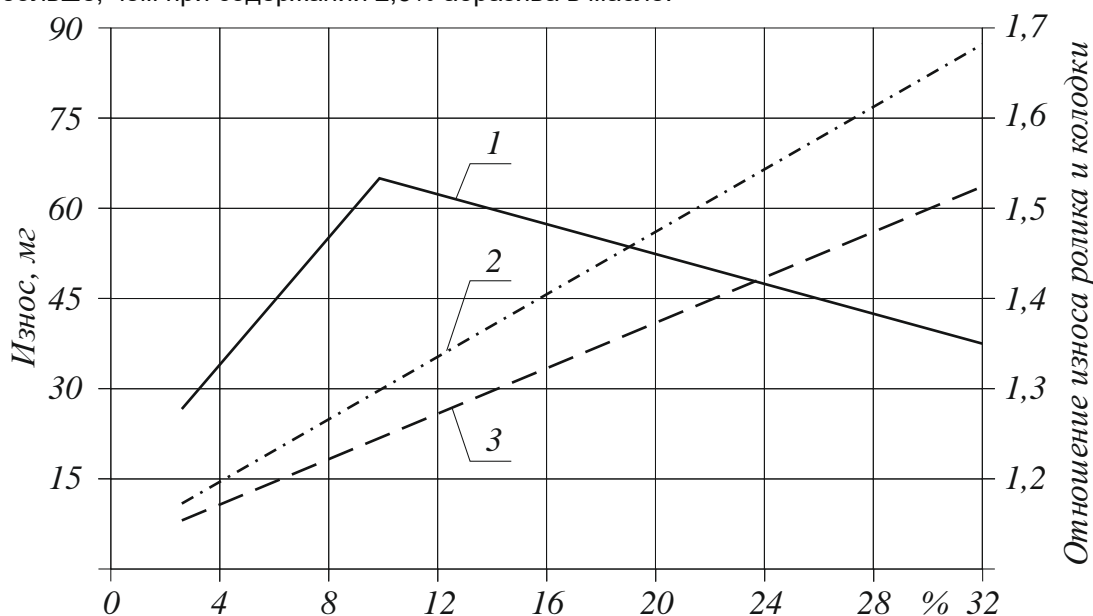


образцов определялся по потере веса ролика и колодки. Метод вырезанных лунок для определения износа не применялся, так как при больших давлениях лунка полностью изнашивается. При каждой удельной нагрузке испытывались 5-6 образцов.

Рентгенографирование образцов проводилось на ионизационной установке УРС- 50И с применением марганцовистого фильтра излучения рентгеновской трубки, устанавливаемого перед счетчиком. Рентгенографирование одного и того же места в вогнутой поверхности трения колодки при её снятии и повторной установке связано с трудностями, так как при этом изменяется исходная база рентгенографирования. Поэтому было применено специальное приспособление для рентгенографирования вогнутой поверхности трения образцов. В этом случае, при снятии и повторной установке колодки, подвергался рентгенографированию один и тот же участок, что давало возможность судить об изменениях кристаллической структуры поверхности трения в процессе изнашивания.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлены концентрационные зависимости абразива в массе на износ. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации абразива в масле износ чугуна и стали возрастает. Так, например, при содержании абразива равного 2,5%, колодка из чугуна в состоянии отливки изнашивалась за 1000 оборотов ролика на 9,9 мг, а износ ролика составил 12,5 мг; при концентрации абразива, равной 30%, колодка уменьшилась в весе на 65 мг, а ролик – на 88 мг, т.е. колодка изнашивалась в 6,5 раз, а ролик – в 7 раз больше, чем при содержании 2,5% абразива в масле.



Содержание электрокорунда № 320 от веса масла

Рисунок 2 – Влияние концентрации абразива в масле на износ:  
1-отношение износа, 2 - износ ролика, 3 - износ колодки

С увеличением содержания абразива в масле от 2,5 до 10% отношение износа ролика к износу колодки повысилось с 1,26 до 1,54. При дальнейшем повышении концентрации абразива, это отношение уменьшилось и при 30% составило 1,35. Такое понижение отношения износа ролика к износу колодки при содержании абразива в масле более 10%, объясняется тем, что при большом содержании абразива преобладает перекачивание его частиц, а не резание ими металла. Кроме того, при этом, абразивные частицы внедряются в поверхность трения и оказывают меньшее влияние. Таким образом, из полученных результатов следует, что наибольшее отношение износа ролика к износу колодки имеет место при содержании абразива в масле равным 10%.

На рис. 3 показано влияние температуры масла на износ колодки и ролика для чугунов с различной предысторией. Из рисунка видно, что для всех чугунов с возрастанием температуры масла износ как колодки, так и ролика возрастают; при этом скорость износа при  $T > 34^{\circ}\text{C}$  несколько выше, по сравнению с более низкими температурами. Например, при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  износ колодки за 1000 оборотов ролика составил 4,8 мг, а ролика - 15,2 мг. При  $46^{\circ}\text{C}$ , износ колодки составил 12,2 мг, а ролика -

47,5 мг, т.е. колодка и ролик изнашивались при этой температуре в 3 раза больше, чем при температуре 25°C.

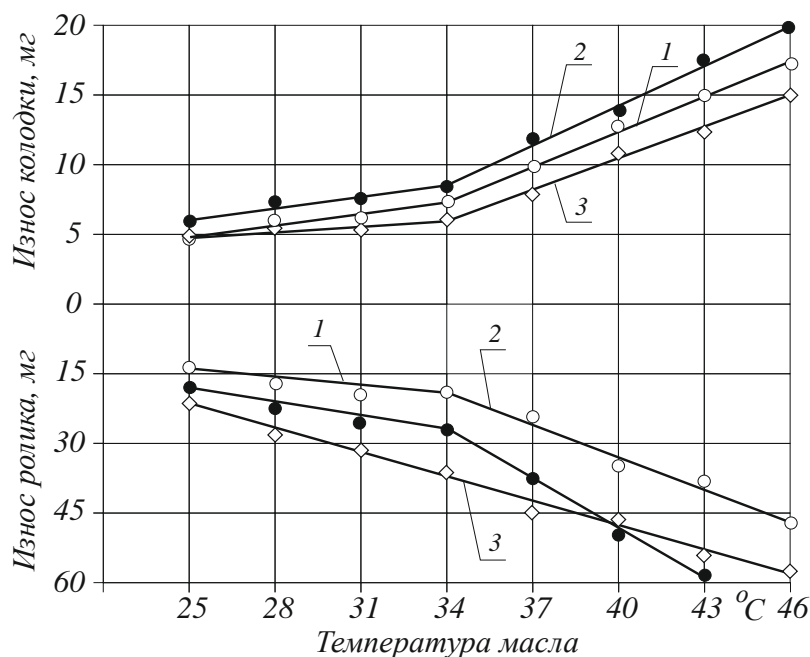


Рисунок 3 – Влияние температуры масла на износ колодки и ролика: 1 - чугун после нормализации (выбивка в горячем состоянии); 2 - чугун после закалки; 3 - чугун после отжига с последующей закалкой

Исследования показали, что с возрастанием температуры существенно увеличивается и коэффициент трения. Так, при температуре 25°C он равнялся 0,140, а при температуре 46°C – 0,205. Интенсивный износ образцов и рост коэффициента трения при повышении температуры связаны, по-видимому, с уменьшением вязкости масла, которое приводит к уменьшению толщины масляного слоя, разделяющего трущиеся поверхности. В этом случае растет абразивный износ или износ за счёт металлического контакта трущихся поверхностей.

Таким образом, при одинаковом удельном давлении, увеличение начальной температуры масла влечет за собой увеличение износа образцов и повышение коэффициента трения.

В формировании процесса износа чугунных образцов и стальных роликов немаловажным является пропитывание их маслом. Результаты испытания способности чугунных образцов и стальных роликов впитывать масло при температуре 100°C представлены на рис. 4.



Рисунок 4 – Способность аустенит-марганцовистого чугуна и легированной стали впитывать масло при 100°C: 1 - чугун в состоянии отливки; 2 - закаленный чугун; 3 - чугун после отжига и последующей закалки; 4 - сталь 45Г2 после закалки

Чугунные образцы в состоянии отливки за 21 час, в среднем, впитали 16,2 мг масла, закаленные образцы - 20,1 мг, а закаленные после отжига - 32,9 мг. Такое различие в способности поглощать масло

объясняется различием в состоянии структуры поверхности образцов - большей плотностью и с наименьшими дефектами типа пор и макро- и микротрещин в состоянии отливки и их возрастанием в результате частичного выгорания элементов при закалке и закалке после отжига. Исследования показали, что при температуре масла 100°C и выдержке в течении 21 часа, впитывание масла образцами прекращается.

О влиянии приработки аустенитно-марганцовистого чугуна на интенсивность износа можно судить по рис. 5, где показано изменение момента трения и отношения площадей фаз  $S_{\alpha}/S_{\gamma}$  на рентгенограмме во время приработки образцов, при давлении 0,25 МПа, а также при установившемся износе.

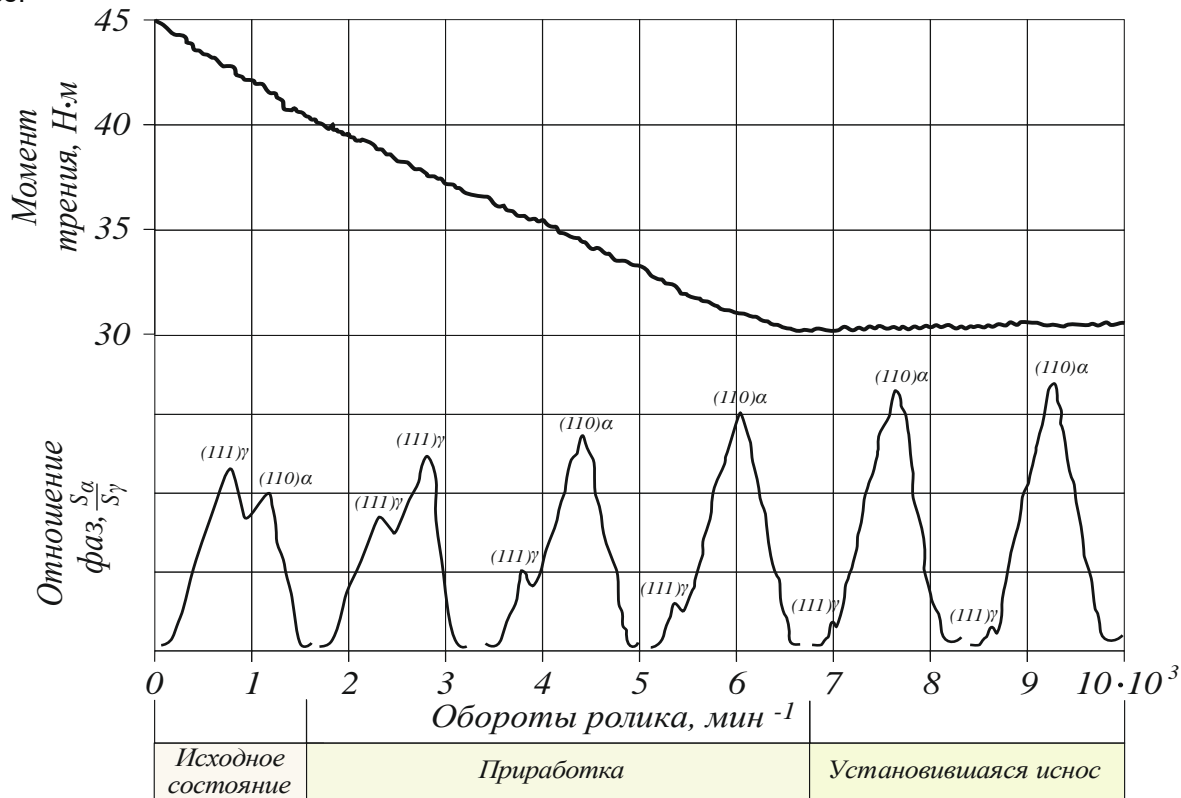


Рисунок 5 – Определение приработки по отношению фаз на поверхности трения

Из рисунка видно, что по мере окончания приработки момент трения понижается, а отношение площадей фаз увеличивается, что связано с возрастанием количества мартенсита на поверхности трения в результате пластической деформации в микрообъемах. С увеличением пути трения площадь фактического контакта поверхностей трения возрастает. При дальнейшем увеличении пути трения, сопровождающегося увеличением площади фактического контакта, момент трения постоянно уменьшается, а отношение площадей фаз увеличивается. Когда, для выбранного удельного давления площадь фактического контакта становится постоянной, отношение фаз на поверхности трения не изменяется. После 20-25 мин. с начала приработки наблюдается стабилизация момента трения, постоянство величины износа, а на рентгенограмме поверхности трения присутствует практически одна  $\alpha$  - фаза.

Для других значений давления критерий приработки также будет характеризоваться постоянством отношения фаз, только он будет другой величины.

## Вывод

Приведенный способ определения окончания приработки по постоянному отношению фаз на поверхности трения для АМЧ позволяет более точно судить об окончании приработки и наступления установившегося износа.

*Рецензент: Мирзоалиев И. — к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и оборудования» ТПУ им. акад. М.С.Осими.*

## Литература

1. Станчев, Д.И. Методика исследования явлений в поверхностных слоях трения. Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления/Д.И. Станчев, Д.А. Попов- Межвуз. сб. научн. труд. - Воронеж: ВГУ, 2006. – Вып. 11. – С. 65-68.

2. Попов, В.С., Сопротивление абразивному изнашиванию сплавов со структурой метастабильного аустенита в зависимости от их химического состава/В.С.Попов, Н.Н. Брыков, М.И. Андриющенко. - Трение и износ, 1991.– №3. – С. 59-60.

3. Попов, Д.А., Хрипченко М.С., Агарков С.Д. Метастабильная структура аустенитного марганцовистого сплава и перспективы создания деталей на ее основе/Д.А. Попов, М.С. Хрипченко, С.Д. Агарков. - Воронежский научно-технический вестник, 2021. – №1(35). – С. 33-40.

4. Ли, Бон-Гир Сравнительная износостойкость аустенитного марганцовистого чугуна при трении без смазки/Бон-Гир Ли, В.Б. Лядский - Вопросы механизации. Труды ТСХИ, Душанбе, 1972. – Т. 16. - С. 227-232.

5. Михайловский, Н.М. Влияние запыленности воздуха на износ машин/ Н.М. Михайловский - Тракторы и сельхозмашины, 1961. – № 3. – С. 34-35.

6. Каримов, Н.К. Испытание на износостойкость деталей опорных колес сеялок/Н.К. Каримов. - Известия высших учебных заведений. Серия машиностроение, 2013. – №3. – С. 3-6.

7. Ясинов, Ш.М., Планирование и обработка результатов эксперимента для исследования интенсивности изнашивания антифрикционных аустенитно-марганцовистых чугунов/Ш.М. Ясинов, Ш.И. Мирзоев, А.М. Умирзоков// Матер. респуб. науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы применения зеленой энергии и энергосберегающих машин в отрасли механизации сельского хозяйства в условиях Республики Таджикистан». – Душанбе: Тадж. аграр. универс. им. Ш. Шотемур, 2023. – С. 155-168.

8. Ясинов, Ш.М. Обоснование технологических и эксплуатационных свойств аустенитно-марганцовистых износостойких чугунов/Ш.М. Ясинов. - Теоретический научно-практич. журнал «Земледелец» (Кишоварз), 2024. – №1(102). – С. 104 -107.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Ясинов Шамсидин Маматович	Ясинов Шамсидин Маматович	Yasinov Shamsidin Mamatovich
Омузгори калон	Старший преподаватель	Senior teacher
Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шотемур	Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемур	Tajik Agrarian University named after. Sh. Shotemur
E-mail: <a href="mailto:yasinovs47@mail.ru">yasinovs47@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Абдуллаев Хасан Муминджонович	Абдуллаев Хасан Муминҷонович	Abdullaev Hasan Muminjanovich
д.и.ф.м, профессор	д. ф.-м. н., профессор	Doctor of Ph.D., Professor
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	Tajik National University
E-mail: <a href="mailto:KhAbdullaev@bk.ru">KhAbdullaev@bk.ru</a>		
TJ	RU	EN
Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
к.т.н., доцент	н.и.т., дотсент	Candidate of Technical Sciences, Senior teacher
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ им. акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ahmad.umirzokov@mail.ru">ahmad.umirzokov@mail.ru</a>		

## ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

<sup>1</sup>А.М. Умирзоков, <sup>2</sup>Й.Н. Нурматзода, <sup>3</sup>Ф.М. Махмудова, <sup>1</sup>А.Л. Бердиев, <sup>1</sup>Ф.И. Джобиров

<sup>1</sup>Таджикский технический университет имени М.С. Осими

<sup>2</sup>Экспертно – криминалистическое управление Министерства внутренних дел Республики Таджикистан в Согдийской области

<sup>3</sup>Политехнический институт Таджикского технического университета им. академика М. С. Осими в г. Худжанде

Статья посвящена методике и способу осуществления энергетической оценки эффективности грузового автомобиля, эксплуатируемого в горных условиях. Предложенная информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля позволяет повысить достоверность результатов измерения и удобство проведения измерений. Целью данного исследования является обеспечение точности и качества измерений показателей энергетической эффективности транспортного средства, эксплуатируемого в горных условиях, а также повышение энергетической эффективности грузоперевозок путем оперативного корректирования действия водителя, выбора рациональных нагрузочных и скоростных режимов движения автомобиля, выбора маршрута движения с учетом конкретных условий эксплуатации. Усложнение конструкции современных транспортных средств, рост числа и диапазонов измеряемых параметров, повышение требований к точности получаемых результатов измерений и быстродействию измерительных приборов (при ограниченных возможностях оператора в восприятии и обработке больших объемов информации) приводят к необходимости разработки новых информационно-измерительных систем.

**Ключевые слова:** система ВАДС, энергетическая эффективность, информационно-измерительная система, информационно-измерительная технология, грузовой автомобиль, условия эксплуатации.

## BAҶОДИҶИИ САМАРАНОКИИ ЭНЕРГЕТИКИИ АВТОМОБИЛИ БОРКАШ

А.М. Умирзоков, Й.Н. Нурматзода, Ф.М. Махмудова, А.Л. Бердиев, Ф.И. Чобиров

Мақолаи мазкур ба методика ва услуби амалигардонии баҳоидиҳии самаранокии энергетикии автомобили боркаш хангоми истифодаи он дар шароити куҳсор баҳшида шудааст. Системаи иттилоотӣ-ченкунӣ барои баҳоидиҳии самаранокии энергетикии автомобили боркаш барои баланд бардоштани дурустии натиҷаҳои ченкунӣ ва қулай будани амалҳои ченкунӣ имкон медиҳад. Мақсади тадқиқоти мазкур аз таъмин намудани аниқӣ ва сифати ченкунии нишондиҳандаҳои самаранокии энергетикии воситаҳои нақлиёти дар шароити куҳсор истифодашаванда, инчунин баланд бардоштани самаранокии энергетикии боркашонӣ аз ҳисоби таҳрири саривақтии амалҳои ронанда, интиҳоби реҷаҳои ратсионалии сарборию суръатии ҳаракати автомобил, интиҳоби ҳатсайри ҳаракат бо назардошти шароити мушаххаси истифодабарӣ иборат мебошад. Мураккаб гардидани сохти автомобилҳои муосир, баланд шудани талабот нисбат ба аниқии натиҷаҳои дастрасгардидаи ченкуниҳо ва зудамалии воситаҳои ченкунӣ (хангоми имкониятҳои маҳдуди оператор барои дарк намудан ва коркарди ҳаҷми калони иттилоот) зарурати коркард намудани системаҳои нави иттилоотӣ-ченкунро ба миён меорад.

**Калимаҳои калидӣ:** системаи PАРМ, самаранокии энергетикӣ, системаи иттилоотӣ-ченкунӣ, технологияи иттилоотӣ-ченкунӣ, автомобили боркаш, шароити истифодабарӣ.

## TRUCK ENERGY EFFICIENCY RATINGS

A.M. Umirzokov, Y.N. Nurmatzoda, F.M. Makhmudova, A.L. Berdiev, F.I. Jobirov

The article is devoted to the methodology and method of energy efficiency assessment of a truck operated in mountainous conditions. The proposed information and measurement system for evaluating the energy efficiency of a truck makes it possible to increase the reliability of measurement results and the convenience of measurements. The purpose of this study is to ensure the accuracy and quality of measurements of energy efficiency indicators of a vehicle operated in mountainous conditions, as well as to increase the energy efficiency of cargo transportation by promptly correcting the driver's actions, choosing rational load and speed modes of the car, choosing a route taking into account specific operating conditions. The increasing complexity of the design of modern vehicles, the increase in the number and ranges of measured parameters, increased requirements for the accuracy of the measurement results and the speed of measuring instruments (with limited operator capabilities in perceiving and processing large amounts of information) lead to the need to develop new information and measurement systems.

**Keywords:** VADS system, energy efficiency, information and measurement system, information and measurement technology, truck, operating conditions

## Введение

Вопросы энергетической эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных и высокогорных условиях в свете стабильного роста объема грузоперевозок, обусловленного интенсивным развитием горнодобывающей отрасли, строительством гидротехнических сооружений, автомобильных дорог и коммуникаций, приобретают все большую актуальность.

Рост объемов пассажиро - и грузоперевозок автомобильным транспортом, оценка и на ее основе разработка и внедрение мероприятий по повышению эффективности автотранспортного сектора страны способствует к бережливому использованию энергетических ресурсов и прочих затрат.

Эффективность функционирования автомобиля как подсистемы системы ВАДС не представляется возможным без осуществления достоверных измерений, их систематизации, обработки, анализа, передачи и хранения. Существуют различные измерительные комплексы, которые, в основном, применяются для исследовательских целей и не нашли широкого распространения при оценке и повышении эффективности транспортных процессов. Имеющиеся измерительные комплексы относятся

к блочному типу и состоят из блока коммутации и управления, блока питания, таймера, датчиков пути, цикличности и курса движения машины, регистрирующих приборов, а также соединительных проводов и кабелей. Наличие большого количества блоков, приборов и устройств, вносит определенные погрешности в результаты измерений. Отсутствие полной автоматизации процессов измерения и обработки результатов, а также ограниченное наименование регистрируемых параметров препятствует оперативной и полноценной оценке эффективности процессов грузоперевозок, сравнение конкурентоспособности имеющихся организаций грузоперевозок, функционирования системы ВАДС в различных условиях. Они не целесообразны для применения в автомобильном транспорте, так как здесь идет речь об ограниченных фактах измерения, а следовало бы разрабатывать и внедрить измерительные информационные технологии на основе интеллектуальных многоканальных измерительных информационных систем (ИИС), позволяющих одновременные комплексные измерения показателей и совместную математическую обработку результатов, с учетом их взаимосвязи и взаимообусловленности.

Существующие информационно-измерительные системы не приемлемы для оценки эффективности функционирования системы ВАДС из-за отсутствия необходимых приборов и устройств для измерения показателей энергетической эффективности транспортного процесса, таких как: датчиков крутящих моментов и угловых скоростей вращения на валу ДВС и на колесе автомобиля, датчиков радиальной нагрузки на отдельные колеса автомобиля, температуры шины, скорости движения автомобиля, неровности дорожного покрытия и полной массы автомобиля, устройства фиксации высоты над уровнем моря.

Для системы ВАДС важным является обеспечение точности и качества измерений показателей энергетической эффективности ее компонентов, а также повышение энергетической эффективности грузоперевозок путем своевременного корректирования действия водителя, выбора рациональных нагрузочных и скоростных режимов движения автомобиля, выбора маршрута движения с учетом конкретных условий эксплуатации.

## Материалы и методы исследования

Поставленная задача решается за счет того, что информационно-измерительная система, представляющая собой совокупность функционально - объединенных измерительных, контрольных, диагностических, вычислительных, управляющих, регистрирующих, отображающих, телекоммуникационных и других вспомогательных технических средств, сформированная для получения измерительной информации, ее преобразования и обработки, передачи измерительной информации оператору, обеспечивает высокую энергоэффективность транспортного процесса в горных условиях. Информационно-измерительная система для определения энергоэффективности транспортного процесса состоящая из микропроцессорного блока контроля и управления (МБКУ), блока питания, пульта управления, электронного дисплея, предназначенного для визуализации результатов определения показателей энергоэффективности; интерфейсного устройства, центра дистанционного управления, расходомер топлива, гироскопа, датчиков угловой скорости и крутящего момента на валу ДВС, метеостанции, датчиков угловой скорости и крутящего момента на колесе автомобиля, датчика температуры шины и давления воздуха в ней, датчика полной массы автомобиля, датчика высоты над уровнем моря, датчика радиальной нагрузки на колесо, устройства для измерения неровности дороги, устройства для фиксации маневров, датчика скорости движения автомобиля (спидометра) предусматривает централизованное управление отдельными элементами и многоканальные измерения различных параметров, характеризующих эффективность транспортного процесса.

Сущность изобретения заключается в том, что датчики крутящих моментов и оборотов дублированы на валу ДВС и на ведущих колесах автомобиля, что позволяет определить энергетическую эффективность ДВС, трансмиссии, колеса и, в целом, автомобиля. Дублированы также датчики температуры воздуха и поверхности шины, позволяющей оценки процессов энергетического обмена между шиной и дорожным полотном.

Дополнительно установлены такие датчики, как высотомер, гироскоп, датчики для измерения температуры шины и давления воздуха в шине, ускорения колеса, неровности дорожного покрытия, радиальной нагрузки, позволяющие более полно и всесторонне оценивать энергетическую эффективность автомобиля в различных условиях эксплуатации. Выходы всех датчиков, блока питания и пульта управления соединены со входами микропроцессорного блока контроля и управления, входы-выходы последнего соединены с электронным дисплеем и интерфейсным устройством, позволяющим контроль, управление, автоматизацию выбора и оптимизации режимов работы автомобиля, тем самым повышая энергоэффективность автомобильных грузоперевозок.

Выходные данные через ГлоНАСС/GPS передаются в центр дистанционного управления эффективностью автомобиля.

По измеренному значению неровности дороги устанавливаются пределы варьирования обобщенного динамического коэффициента  $k_d$  для автомобильной дороги, определяемого из отношения

$$k_d = \frac{HP_{di}}{HP_{дн}}, \quad (1)$$

где  $HP_{di}$  – неровность  $i$ -го маршрута дороги, м/км;  $HP_{дн}$  – нормативное значение неровности дороги, м/км.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса оснащена специальным алгоритмом, фиксирующим резкие маневры при наличии GPS-модуля, а также жесткой фиксации базового блока внутри автомобиля. Датчики смогут распознавать и фиксировать такие основные, резко выполненные маневры как: линейные ускорения и торможения автомобиля, повороты вправо и влево. Датчики способствуют не только контролировать стиль вождения и обеспечить безопасность движения, но и способствуют вычислению коэффициента  $k_B$  агрессивности стиля езды, как отношение удельного числа резких маневров за одну езду на  $i$ -ом маршруте движения  $n_{mi}$  к нормативному значению  $n_{мн}$ , приравненному для равнинных условий эксплуатации

$$k_B = \frac{n_{mi}}{n_{мн}}. \quad (2)$$

Окончательная оценка энергетической эффективности  $\mathcal{E}_э$  функционирования транспортного процесса производится по формуле

$$\mathcal{E}_э = q_o \cdot \eta_e \cdot \frac{\eta_{тр}}{k_d \cdot k_B \cdot k_{пр}}, \% \quad (3)$$

где  $q_o$  – общее количество тепловой энергии, введенной в двигатель с топливом в относительных единицах, % (принимается  $q_o = 100\%$ );  $\eta_e$  – эффективный КПД ДВС,  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии,  $k_B$  – коэффициента энергетической эффективности водителя,  $k_{пр}$  – коэффициент эффективности прочих преобразований энергии, связанных с транспортным процессом.

Для практических целей в горных условиях оценка энергетической эффективности системы ВАДС или транспортного процесса по линейному расходу топлива целесообразно пользоваться выражением

$$\mathcal{E}_Q = Q_H \cdot k_d \cdot k_B \cdot k_{пр}, \text{ л/100км} \quad (4)$$

где  $Q_H$  – нормативный линейный расход топлива, л/100 км.

В приведенных формулах значения коэффициентов эффективности прочих преобразований энергии, связанных с транспортным процессом  $k_{пр}$  устанавливаются экспериментально и зависят от комплекса факторов, наиболее значимыми из которых являются полный вес автомобиля, высота над уровнем моря и конструктивные особенности автомобиля и др.

## Результаты исследования

Результаты комплексной энергетической оценки эффективности функционирования транспортного процесса в горных условиях, определенные в относительных единицах для различных моделей самосвалов с учетом различных коэффициентов, представлены в табл.1.

Таблица 1 – Комплексные энергетические оценки эффективности транспортного процесса  $\mathcal{E}_{ТП}$  в горных условиях

Автомобиль	$q_o, \%$	$k_d$	$\eta_e$	$\eta_{тр}$	$k_B$	$k_{пр}$	$\mathcal{E}_{ТП}, \%$
БелАЗ-7540В	100	1,14 – 1,15	0,40 – 0,45	0,80 – 0,85	1,09 – 1,14	1,11 – 1,14	21,6 – 27,8
SHACMAN-SX3256DR384			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,11 – 1,16	1,09 – 1,15	20,8 – 30,1
HOWO-336			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,16	1,08 – 1,15	20,8 – 31,8
Dongfeng DFL 3251A			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,16	1,08 – 1,15	20,8 – 31,8
КамАЗ-5511			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,11	1,06 – 1,11	23,5 – 32,1
МАЗ-5549			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,11	1,06 – 1,11	23,5 – 32,1

Технический результат, заключающийся в повышении полноты, точности и качества измерения, а также удобства эксплуатации при одновременном измерении и регистрации необходимых показателей грузового автомобиля при помощи установленных датчиков, позволит значительно сократить сроки проведения исследований, повысить качество и достоверность полученных данных по показателям энергоэффективности тем самым повышая энергоэффективность автомобильных грузоперевозок.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности грузового автомобиля может быть смонтирована на щите управления автомобилем, а также показатели оценки энергоэффективности могут быть переданы в центр дистанционного управления эффективностью грузоперевозок. Полученные показатели энергоэффективности автомобиля, помимо проведения исследования эффективности грузоперевозок, также используются для управления и оптимизации энергетической эффективностью грузовых перевозок.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности грузового автомобиля (рис.1) состоит из микропроцессорного блока контроля и управления (МБКУ) 1, блока питания 2 и пульта управления 3, соединенных с МБКУ 1. Последний соединен с электронным дисплеем 4, который предназначен для визуализации результатов определения показателей энергоэффективности и интерфейсного устройства 5. МБКУ также соединен через ГлоНАСС/GPS с центром дистанционного управления 6.

Для измерения и преобразования различных показателей энергетической эффективности грузового автомобиля 7 в электрический сигнал, удобный для регистрации используются: расходомер топлива 8. Датчики угловой скорости 9 и крутящего момента 10 монтированы на валу ДВС 11 и на ведущем колесе 12 автомобиля 7, результаты сравнения их показателей, позволяет определить КПД трансмиссии  $\eta_{тр}$ . На ведущем 12 и ведомом колесах 13 автомобиля монтированы датчики температуры 14 шины и давления 15 воздуха в шине. Метеостанция 16 служит для измерения скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха. На вертикальной оси автомобиля, соответствующей его центру тяжести, установлен датчик полной массы автомобиля 17. На автомобиле монтированы также датчики высоты над уровнем моря 18, радиальной нагрузки 19, приложенной к каждому колесу автомобиля. Устройство для определения скорости движения 20 автомобиля 7 служит для контроля скоростного режима автомобиля и расчета производительности грузоперевозок. Датчик неровности дороги 21 служит для определения неровности дорожного покрытия, что необходимо для вычисления значений обобщенного динамического коэффициента  $k_d$  для автомобильной дороги. Специальный алгоритм с датчиками линейного ускорения автомобиля 22 и поворотов рулевого колеса 23 необходим для фиксации резких маневров при наличии GPS-модуля и способствуют не только контролировать стиль вождения и обеспечить безопасность движения, но и вычислению коэффициента агрессивности стиля езды или коэффициента энергетической эффективности водителя  $k_v$ .

Для измерения и регистрации показателя энергетической эффективности системы ВАДС или транспортного процесса производятся предварительные установки и настройки соответствующих датчиков и измерительных устройств на автомобиле.

Для измерения и регистрации показателя энергетической эффективности системы ВАДС или транспортного процесса производятся предварительные установки и настройки соответствующих датчиков и измерительных устройств на автомобиле.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса работает следующим образом.

Оператор погрузочного устройства на основе показателей измерения полной массы автомобиля регулирует массу грунта погружаемого в кузов автомобиля и по показаниям датчиков радиальных нагрузок распределяет грунт по кузову, максимально уравнивая радиальные нагрузки на колеса.

При движении загруженного автомобиля по показаниям датчиков расхода топлива, крутящих моментов и угловой скорости вращения колеса осуществляется выбор погрузочного и скоростного режимов двигателя, а по показаниям, полученным от датчиков ускорения ведущих колес и поворота ведомых колес – соответствующий стиль вождения автомобилем.

Оператор машины на основе показаний метеостанции принимает решение о целесообразности полива по следующим характеристикам: скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха. Оператор также должен учитывать метеосводку на ближайшие дни с целью корректировки сроков и нормы полива.

Измерение, регистрация, обработка и вычисление параметров для оценки и управления эффективностью функционирования системы ВАДС или транспортного происходит в течении смены работы автомобиля, при этом количество измеряемых и регистрируемых параметров зависит от программы исследований и может быть задано через пульт управления 3.



Регистрация по всем каналам измерения может быть осуществлена в аналоговом режиме или дискретно с интервалом, заданным оператором в пределах от одной секунды до одной минуты в зависимости от характера протекающих процессов.

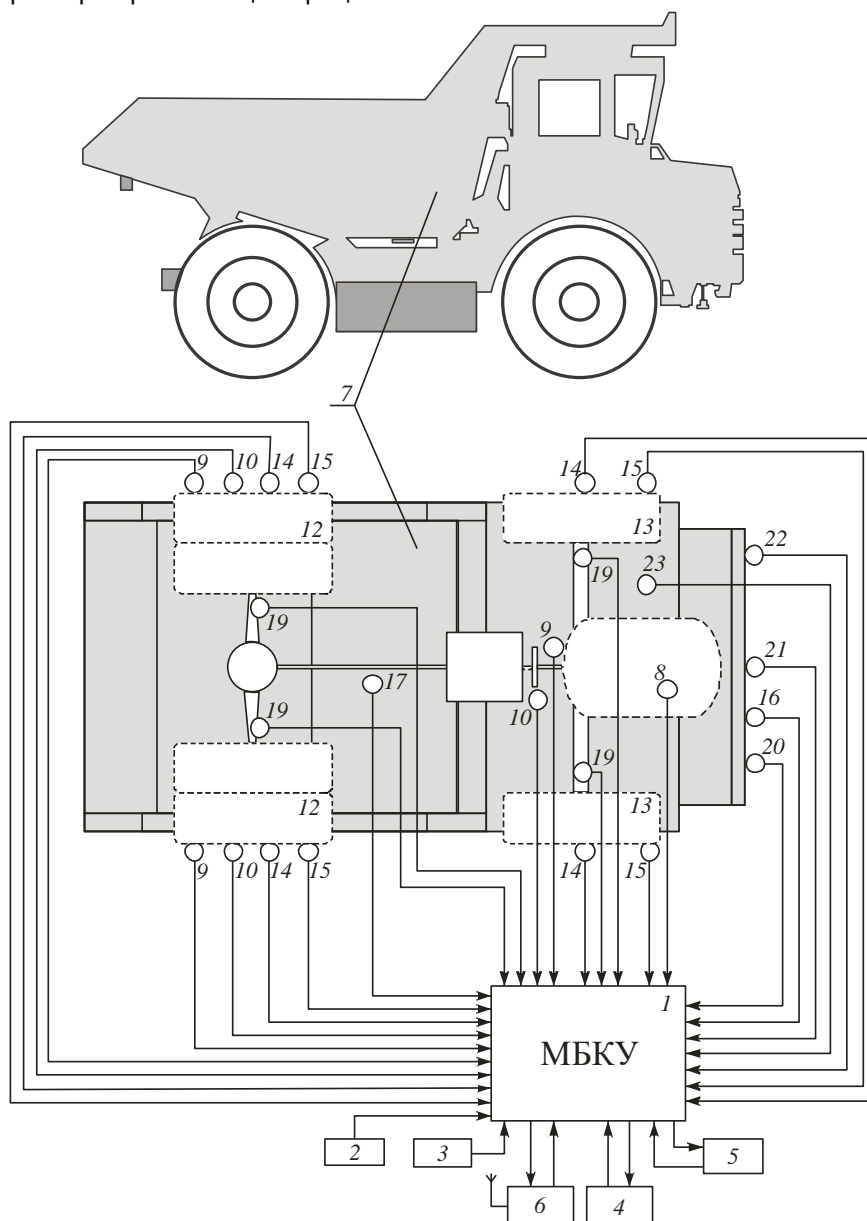


Рисунок 1 – Информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля: 1 – микропроцессорный блок контроля и управления (МБКУ), 2 – блок питания; 3 – пульт управления; 4 – электронный дисплей; 5 – интерфейсное устройство; 6 – центр дистанционного управления; 7 – грузовой автомобиль; 8 – расходомер топлива; 9 и 10 – датчики угловой скорости и крутящего момента; 11 – ДВС; 12 и 13 – ведущее и ведомое колеса автомобиля; 14 и 15 – датчики температуры и давления воздуха в шине; 16 – метеостанция; 17 – датчик полной массы автомобиля; 18 – датчик высоты над уровнем моря; 19 – датчик радиальной нагрузки; 20 – устройство для определения скорости движения автомобиля; 21 – датчик неровности дороги; 22 и 23 – датчики линейного ускорения автомобиля и поворотов рулевого колеса.

### Обсуждение

Информационно-измерительная система позволяет регистрировать и вычислять все необходимые параметры для оценки энергетической эффективности транспортного процесса, к которым относятся:

- масса перевозимого груза;
- средняя скорость движения машины;
- производительность грузоперевозок;
- линейный расход топлива;
- температура шины и давление воздуха внутри нее;
- высота над уровнем моря;
- показатели среды (температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра и др.);
- энергоемкость единицы перевозимого груза.

Результаты регистрации и вычислений могут быть архивированы и переданы через интерфейсное устройство по каналам связи в систему высшего уровня (USB, RS-232). МБКУ через интерфейсное устройство 5 по каналам связи может быть перепрограммирован на измерение и регистрацию различных параметров функционирования грузового автомобиля, согласно программе исследований.

Таким образом, предлагаемая информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса, комплексно поддерживая рекомендуемые параметры транспортного процесса, способствует мониторингу и повышению эффективности транспортного процесса, осуществляемого в горных условиях.

### Выводы

1. Предлагаемая информационно-измерительная система, способствует мониторингу и повышению энергетической эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных условиях.

2. Необходимость разработки информационно-измерительной системы вызвано низким уровнем эффективности грузоперевозок, которая колеблется от 21 до 32 %, а также имеющимися значительными резервами повышения эффективности транспортных процессов в горных условиях.

*Рецензент: Давлатшоев Р.А. — к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТТТУ им. акад. М.С.Осими.*

### Литература

1. ГОСТ 8.437-81. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 12 с.

2. Карабцев, В.С. О КПД и коэффициенте эффективности автотранспортного средства / В.С. Карабцев, Д.Х. Валеев // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 10. – С. 16–19.

3. Карабцев, В.С. Универсальный метод расчета КПД автотранспортных средств / В.С. Карабцев, Д.Х. Валеев // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 5. – С. 2–4.

4. Пастухов, А.Г. Оценка топливно-энергетической эффективности транспортных средств/ А.Г. Пастухов, М.И. Романченко // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ № 3. – 2009. – С. 11-17.

5. Романченко, М.И. Энергетический коэффициент эффективности транспортного процесса / М.И. Романченко // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 4. – С. 24–26.

6. Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с

7. Фасхиев, Х.А. Методы выбора и оценки подвижного состава/Х.А. Фасхиев, А.Г. Гарифов //Автотранспортное предприятие. – 2006. – № 5. – С. 20 –27.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Умирзоков Ахмад Маллабоевич	Умирзоков Ахмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
к.т.н., доцент	н.и.т., дотсент	Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ им. акад. М.С. Осими	TTU named after. acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ahmad.umirzokov@mail.ru">ahmad.umirzokov@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Нурматзода Йигитали Нурмат	Нурматзода Йигитали Нурмат	Nurmatzoda Yigitali Nurmat
Подполковники милитсия	Подполковник милиции	Police Lieutenant Colonel
Раёсати ВКД дар вилояти Сугд	УМВД по Согдийской области	Department of the Ministry of Internal Affairs for the Sughd region
TJ	RU	EN
Махмудова Фароғат Мирзонасриевна	Махмудова Фароғат Мирзонасриевна	Makhmudova Farogat Mirzonasrievna
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences
Донишкадаи политехникии ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд	Политехнический институт ТТУ им. акад. М.С. Осими в г. Худжанде	Polytechnic Institute TTU named after. acad. M.S. Osimi in Khujand
E-mail: <a href="mailto:mfm-61@mail.ru">mfm-61@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Бердиев Алишер Лугмонович	Бердиев Алишер Лугмонович	Berdiev Alisher Lugmonovich
муаллими калон	ст. преподаватель	Senior teacher
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ им. акад. М.С. Осими	TTU named after. acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:alik8405@inbox.ru">alik8405@inbox.ru</a>		
TJ	RU	EN
Чобиров Фируз Иззатуллоевич	Джобиров Фируз Иззатуллоевич	Jobirov Firuz Izzatulloevich
Н.и.т., муаллими калон	К.т.н., ст. преподаватель	Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ им. акад. М.С. Осими	TTU named after. acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:jobirov.firuz@mail.ru">jobirov.firuz@mail.ru</a>		

## СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

УДК 699.841

### СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Т.А. Негматов

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ

В статье рассматриваются расчетные положения по определению сейсмических нагрузок на многоэтажные здания с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом согласно нормам стран ЦА по сейсмостойкому строительству. Сравниваются расчетные формулы определения горизонтальных сейсмических нагрузок. Построены графики обобщенных расчетных спектров реакций 12-этажного здания с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом по действующим нормам сейсмостойкого строительства для крупных городов ЦА, расположенных в 9-бальной зоне. Анализируются уровни расчетных сейсмических нагрузок на здания при высоте зданий от 9 до 25 этажей и расчетной сейсмичности 9 баллов. Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании нормативных документов по сейсмостойкому строительству.

**Ключевые слова:** расчетная сейсмическая нагрузка; спектральный метод расчета; спектр реакций; рамно-связевой каркас; периоды собственных колебаний; формы собственных колебаний.

### МУҚОИСАИ ҲИСОБҲО БА ЗИЛЗИЛАТОБОВАРӢ МУВОФИҚИ МЕЪЁРУ ҚОИДАҲОИ СОХТМОНИ КИШВАРҲОИ ОСИЁИ МАРКАЗӢ

Т.А. Негматов

Дар мақола ҳисоби бори сейсмиқӣ дар биноҳои бисёррошӯна бо қарқаси борбардори оҳанубетонии ромии алоқадор дар меъёрҳои кишварҳои Осӣи Марказӣ оид ба сохтмони зилзилатобовар мавриди баррасӣ қарор дода шудааст. Формулаҳои ҳисоби борҳои уфуқии сейсмиқӣ муқоиса қарда шудаанд. Графикҳои умумикардашудаи спектрҳои ақсуламали биноҳои бисёррошӯна бо қарқаси борбардори оҳанубетонии ромии алоқадор барои бинои 12-ошӯна дар шаҳрҳои калони Осӣи Марказӣ, ки дар минтақаи 9-балла ҷой гирифтаанд, тибқи меъёрҳои амалкунандаи ин кишварҳо сохта шудаанд. Сатҳи борҳои сейсмиқӣ барои биноҳо ҳангоми баландии биноҳо аз 9 то 25 ошӯна будан барои зилзиланокии ҳисобии 9 балл таҳлил қарда шудаанд. Натиҷаҳои пажӯҳиш метавонанд дар тақмилгардонии ҳуҷҷатҳои меъёрии кишварҳои Осӣи Марказӣ оид ба сохтмони зилзилатобовар истифода қарда шаванд.

**Калидвожаҳо:** бори ҳисоби сейсмиқӣ; методи спектали ҳисоб; спектри ақсуламалҳо; қарқаси ромии алоқадор; даври лапшиҳои ҳусусӣ; шаклҳои лапшиҳои ҳусусӣ.

### COMPARISON OF DESIGN PROVISIONS OF BUILDING CODES OF CENTRAL ASIAN COUNTRIES ON EARTHQUAKE-RESISTANT CONSTRUCTION

T.A. Negmatov

The article considers design provisions for determining seismic loads on multistory buildings with load-bearing reinforced concrete braced frame according to the codes of Central Asia countries on earthquake-resistant construction. Calculation formulas for determining horizontal seismic loads are compared. Graphs of generalized design spectra of reactions of 12-storey building with a load-bearing reinforced concrete braced frame according to the current codes of earthquake-resistant construction for large cities of Central Asia, located in the 9-point zone, and are plotted. The levels of design of seismic loads on buildings are analyzed for building heights from 9 to 25 floors and design seismicity of 9 points. The results of this study can be used to improve code documents on earthquake-resistant construction.

**Keywords:** design seismic load; spectral method of calculation; spectrum of reactions; braced frame; periods of natural vibrations; forms of natural vibrations.

#### Введение

Страны ЦА расположены в сейсмоактивной зоне. Здесь смыкаются тектонические плиты Тянь-Шаня, Гиндукуша, Памиро-Алая. Очагами сильных землетрясений могут быть, как внутренние районы стран ЦА, так и приграничные районы КНР, Афганистана и Ирана. Согласно картам сейсмического районирования 100% территории Таджикистана и Кыргызстана, 50% территории Узбекистана и Туркменистана, и 16% территории Казахстана подвержены землетрясениям интенсивностью 7 и более баллов по шкале МСК-64. Причем такие крупные города как Ташкент, Алматы, Душанбе, Бишкек, Ашхабад, Самарканд, Туркменбаши, а также Андижан, Наманган, Ош, Худжанд и другие города чрезвычайно плотно населенной Ферганской долины, расположены в районах с возможной интенсивностью землетрясений 8 и более баллов.

После приобретения независимости впервые из стран ЦА национальные нормы по сейсмостойкому строительству были разработаны в Узбекистане в 1996 году (КМК 2.01.03-96). Далее соответствующие нормы были разработаны в Казахстане (СНП РК В.1.2-4-98), Туркменистане (СНТ 2.01.08-99), Кыргызстане (СНП КР 20-02:2004) и Таджикистане (МКС 22-07-2007).

За прошедшее время нормы были несколько раз актуализированы. В настоящее время в странах ЦА действующими нормами являются: в Казахстане - СП РК 2.03-30-2017 [1], Кыргызстане - СН КР 20-02-2018 [2], Таджикистане - СНП РТ 22-07-2018 [3], Узбекистане - КМК 2.01.03-19 [4], Туркменистане - СНТ 2.01.08-2020 [5].

В табл. 1 приведены формулы для расчета горизонтальной сейсмической нагрузки для *i*-й формы собственных колебаний по действующим нормам стран ЦА по сейсмостойкому строительству.

Таблица 1 - Формулы для расчета горизонтальной сейсмической нагрузки

Страна и действующие строительные нормы	Расчетные формулы			
	Расчетная горизонтальная сейсмическая нагрузка	Спектр расчетных горизонтальных реакций	Другие составляющие формулы расчетной горизонтальной сейсмической нагрузки	Коэффициент, зависящий от форм собственных колебаний
Казахстан, СП РК 2.03-30-2017	$F_{ik} = \gamma_{th} S_d(T_i) m_k \eta_{ik}$	$S_d(T_i) = 2,5 a_g / q$ , $0 \leq T_i \leq T_c$ $S_d(T_i) = 2,5 a_g T_c / (qT)$ , $T_i \geq T_c$ $S_d(T_i) \geq \beta a_g$	$a_g = \max \left\{ \begin{matrix} a_{g(475)} \\ \frac{2}{3} a_{g(2475)} \end{matrix} \right\}$ $a_{g(475/2475)} = a_{gR(475/2475)} S(a_{gR(475/2475)}) S_T$ $S(a_{gR}) = 2 - 2,5 a_{gR} / g$ , $1,1 \leq S(a_{gR}) \leq 1,6$ $\gamma_{th} = 1 + 0,06(n-5)$ , $1,06 \leq \gamma_{th} \leq 1,8$	$\eta_{ik} = \frac{U_i(z_k) \sum_{j=1}^n m_j U_j(z_j)}{\sum_{j=1}^n m_j U_j^2(z_j)}$
Кыргызстан, СН КР 20-02-2018	$F_{ik} = \gamma_{th} S_d(T_i) m_k \eta_{ik}$	$S_d(T_i) = 2,5 a_g / q$ , $0 \leq T_i \leq T_c$ $S_d(T_i) = 2,5 a_g T_c / (qT)$ , $T_i \geq T_c$ $S_d(T_i) \geq \beta a_g$	$a_g = a_{gR} S(a_{gR}) S_T$ $S(a_{gR}) = 2 - 2,5 a_{gR} / g$ , $1,1 \leq S(a_{gR}) \leq 1,6$ $\gamma_{th} = 1 + 0,06(n-5)$ , $1,06 \leq \gamma_{th} \leq 1,8$	$\eta_{ik} = \frac{U_i(z_k) \sum_{j=1}^n m_j U_j(z_j)}{\sum_{j=1}^n m_j U_j^2(z_j)}$
Таджикистан, СНиП РТ 22-07-2018	$S_{ik} = K_1 K_2 K_3 S_{0ik}$ $S_{0ik} = Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik}$	$\beta_i = 1 + 15T_i$ , $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 2,5$ , $0,1c < T_i \leq 0,5c$ $\beta_i = 2,5(0,5/T_i)^{4/5}$ , $T_i > 0,5c$ $\beta_i \geq 0,9$	$K_3 = 1 + 0,05(n-5)$ , $1 \leq K_3 \leq 1,5$	$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)}$
Туркменистан, СНТ 2.01.08-2020	$S_{ik} = K_1 K_2 K_3 K_4 S_{0ik}$ $S_{0ik} = Q_k A K_{cp} \beta_i \eta_{ik}$	$\beta_i = 1 + 15T_i$ , $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 2,5$ , $0,1c < T_i \leq 0,4c$ $\beta_i = 2,5(0,4/T_i)^{0,5}$ , $T_i > 0,4c$ $\beta_i \geq 0,8$	$K_3 = 1 + 0,1(n-5)$ , $1 \leq K_3 \leq 1,5$	$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)}$
Узбекистан, КМК 2.01.03-19	$S_{ik} = K_0 K_n K_{эм} K_p S_{0ik}$ $S_{0ik} = \alpha Q_k W_i K_\psi \eta_{ik}$	Задано в виде графика и в табличной форме	$K_{эм} = 1 + 0,1(n-5)$ , $1 \leq K_{эм} \leq 1,5$	$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)}$
РФ, СП 14.13330.18	$S_{ik} = K_0 K_1 S_{0ik}$ $S_{0ik} = m_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik}$	$\beta_i = 1 + 15T_i$ , $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 2,5$ , $0,1c < T_i \leq 0,4c$ $\beta_i = 2,5(0,4/T_i)^{1/2}$ , $T_i > 0,4c$ $\beta_i \geq 0,8$	-	$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n m_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n m_j X_j^2(x_j)}$
СНиП II-7-81* (1995)	$S_{ik} = K_1 K_2 S_{0ik}$ $S_{0ik} = Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik}$	$\beta_i = 1 + 15T_i$ , $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 2,5$ , $0,1c < T_i \leq 0,4c$ $\beta_i = 1/T_i$ , $T_i > 0,4c$ $\beta_i \geq 0,8$	$K_2 = 1 + 0,1(n-5)$ , $1 \leq K_2 \leq 1,5$	$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)}$

Обозначения к формулам в табл. 1:

*A* – коэффициент сейсмичности, расчетное ускорение основания в долях *g*;

*α* – коэффициент сейсмичности площадки строительства (Узбекистан);

*F<sub>ik</sub>*, *S<sub>ik</sub>* и *S<sub>0ik</sub>* – расчетная сейсмическая нагрузка для *i*-й формы колебаний в уровне *k*;

*S<sub>0ik</sub>* – горизонтальная сейсмическая нагрузка в предположении упругого деформирования конструкций;

*a<sub>g</sub>* – расчетное горизонтальное ускорение на площадке строительства; ускорение в долях *g*, характеризующее интенсивность горизонтального расчетного сейсмического воздействия на здание или сооружение;

$a_{g(475)}$  и  $a_{g(2475)}$  – значения горизонтальных пиковых ускорений на площадке строительства при ее фактических грунтовых и топографических условиях;

$a_{gR(475)}$ ,  $a_{gR(2475)}$  – пиковые ускорения для грунтовых условий типа IA (скальные грунты), соответствующие периодам повторяемости 475 лет и 2475 лет, соответственно;

$S(a_{gR})$  – коэффициенты, характеризующие влияние грунтовых условий площадки строительства на интенсивность сейсмических воздействий;

$S_T$  – коэффициент, учитывающий топографические эффекты усиления горизонтальных сейсмических воздействий на площадке строительства;

$S_d(T_i)$ ,  $\beta_i$  и  $W_i$  – спектр расчетных реакций, коэффициент динамичности и спектральный коэффициент;

$\gamma_{th}$  – коэффициент, учитывающий ответственность здания или сооружения;

$T_i$  – период колебаний здания или сооружения по  $i$ -й форме в рассматриваемом горизонтальном направлении;

$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектра расчетных реакций;

$q$  – коэффициент поведения (редукции), учитываемый при определении расчетных сейсмических нагрузок на здание или сооружение;

$K_1$  (РФ; СНиП II-7-81\*),  $K_2$  (Таджикистан) – коэффициент редукции, коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции и допускаемые повреждения;

$K_\Psi$  – коэффициент, учитывающий способность здания и сооружения к рассеиванию энергии;

$K_\delta$  – коэффициент диссипации;

$K_0$  (РФ),  $K_0$  (Узбекистан),  $K_1$  (Таджикистан),  $K_2$  (Туркменистан) – коэффициент, учитывающий степень ответственности зданий и сооружений;

$K_1$  (Туркменистан) – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения;

$K_3$  (Туркменистан),  $K_2$  (СНиП II-7-81\*) – коэффициент, учитывающий конструктивные решения здания или сооружения;

$K_3$  (Таджикистан),  $K_{эм}$  (Узбекистан) – коэффициент, учитывающий высоту зданий и сооружений;

$K_4$  (Туркменистан),  $K_n$  (Узбекистан) – коэффициент, учитывающий повторяемость землетрясений;

$K_p$  – коэффициент регулярности конструктивной системы (Узбекистан);

$K_{ep}$  – коэффициент, учитывающий нелинейное деформирование грунтов (Туркменистан);

$Q_k$ ,  $m_k$  – вес и масса здания или сооружения в соответствующей точке  $k$  по высоте;

$m_{ik}$  – эффективная модальная масса, отнесенная к точке  $k$ , соответствующая  $i$ -ой форме колебаний (Казахстан).

## Материалы и методы исследования

До разработки национальных норм по сейсмостойкости, проектирование и строительство зданий и сооружений в странах ЦА осуществлялось по СНиП II-7-81\* (1995г) [7]. С 2018 года по настоящее время в РФ действует свод правил СП 14.13330.18 [6], который является актуализированной версией этого документа. Наряду со строительными нормами стран ЦА рассмотрим также эти нормы.

Расчетные формулы по определению сейсмической нагрузки на многоэтажные каркасные здания, принятые в строительных нормах стран ЦА, можно представить в виде

$$S_{ik}(T_i) = K \beta_i(T_i) m_k g \eta_{ik}, \quad (1)$$

где  $S_{ik}(T_i)$  – расчетная сейсмическая нагрузка для  $i$ -й формы колебаний на уровне  $k$ ,

$K$  – обобщенный коэффициент (произведение коэффициентов), учитывающий допускаемые повреждения, ответственность здания, рассеивание энергии, и другие факторы, учтенные в строительных нормах для конкретной строительной площадки,

$\beta_i(T_i)$  – спектр расчетных реакций здания на сейсмическое воздействие,

$m_k$  – масса здания в соответствующей точке по высоте,

$g$  – ускорение свободного падения,

$\eta_{ik}$  – коэффициент формы колебаний.

Учитывая, что  $\eta_{ik}$  определяются во всех рассматриваемых нормах по идентичным формулам, сравнение расчетных сейсмических сил по нормам стран ЦА будет заключаться в сопоставлении результата произведения обобщенного коэффициента  $K$  на спектр расчетных реакций здания на сейсмическое воздействие  $\beta_i(T_i)$ .

Для построения получаемого таким образом графиков  $K\beta_i(T_i)$  рассмотрены строительные площадки, расположенные на грунтах II типа по сейсмическим свойствам в следующих населенных пунктах:

г. Алматы, 2,2млн.чел., Казахстан ( $a_{gR(475)}=0.38g$ ,  $a_{gR(2475)}=0.73g$ ,  $S_T=1$ ,  $T_C=0.72$ ,  $q=4$ );  
 г. Ош, 455тыс.чел., Кыргызстан ( $a_{gR}=0.40g$ ,  $S_T=1$ ,  $\beta=0.2$ ,  $T_C=0.72$ ,  $q=4$ );  
 г. Душанбе, 1,2млн.чел., Таджикистан ( $A=0.4$ ,  $K_1=0.25$ ,  $K_2=1.1$ ,  $K_\psi=1.0$ );  
 г. Ашхабад, 1млн.чел., Туркменистан ( $A=0.4$ ,  $K_1=0.3$ ,  $K_2=1$ ,  $K_4=1$ ,  $K_{ep}=1$ );  
 г. Андижан, 445тыс.чел., Узбекистан ( $\alpha=1.0$ ,  $K_0=1$ ,  $K_T=1.15$ ,  $K_p=1$ ,  $K_\delta=1$ );  
 г. Петропавловск-Камчатский, 163тыс.чел., РФ ( $A=4m/c^2$ ,  $K_0=1$ ,  $K_1=0.3$ ,  $K_\psi=1.0$ );  
 по СНиП II-7-81\* (1995) ( $A=0,4$ ,  $K_1=0,25$ ,  $K_\psi=1$ ).

Расчетное значение усилий (перемещений) от сейсмического воздействия в рассматриваемом направлении в действующих нормах Таджикистана [3] и Туркменистана [5] определяется, как и в СНиП II-7-81\* [7], по формуле

$$N_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (2)$$

где  $N_i$  – значения усилий или перемещений в рассматриваемом сечении от действия сейсмического воздействия, соответствующего  $i$ -й форме собственных колебаний,

$n$  - число учитываемых в расчете форм колебаний.

В отличие от этого, в строительных нормах Казахстана [1] и Кыргызстана [2] расчетные значения усилий (перемещений) определяются также, если смежные периоды собственных колебаний являются независимыми, т.е.  $T_{i+1} \leq 0,9T_i$  при  $T_{i+1} < T_i$ .

Если это условие не выполняется, применяется процедура полного квадратичного сочетания:

$$N_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_i N_j \rho_{ij}}, \quad (3)$$

где  $\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1+r_{ij})r_{ij}^{3/2}}{(1-r_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 r_{ij}(1+r_{ij})^2}$ ,  $r_{ij}=T_j/T_i$  при  $T_i > T_j$ ,

$\xi$  – показатель демпфирования.

В действующих нормах Узбекистана [4] коэффициент редукиции (поведения конструкции)  $r$  в отличие от других стран ЦА и РФ, учитывается не при определении сейсмических нагрузок для каждой формы собственных колебаний, а при определении расчетных усилий и перемещений в элементах конструкции при сейсмическом воздействии в рассматриваемом направлении:

$$N_r = r \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2 + 0,6 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n N_i N_j}. \quad (4)$$

Здесь коэффициент редукиции  $r$  определяется в зависимости от допускаемой относительной неупругой деформации элемента  $\mu$  и основного периода собственных колебаний зданий  $T_1$  по формулам (5) и (6):

$$r = 1 - 1,07\mu T_1 \quad \text{при } r \geq r_1 = 0,03 + 1,95T_1, \quad (5)$$

$$r = 0,85\mu^{-0,67} \quad \text{при } r < r_1. \quad (6)$$

Необходимо отметить, что в формуле (3) при  $\xi = 0,017 \div 0,035$  и  $r_{ij} = 0,95 \div 0,9$  подкоренное выражение будет аналогично подкоренному выражению в формуле (4).

Для получения сопоставимых результатов по нормам Узбекистана [4], при сравнении уровня сейсмических нагрузок для рассматриваемой формы колебаний, необходимо учесть коэффициент редукиции  $r$  на этапе определения расчетных сейсмических нагрузок, как в нормах других стран ЦА и РФ.

Для многоэтажных зданий рамно-связевой системы из железобетона период собственных колебаний  $T_1$  в подавляющем большинстве случаев более 0,8 секунд, т.е. коэффициент редукиции для таких зданий будет определяться по формуле (6).

Значение коэффициента  $\mu$ , согласно табл. 2.11 в [4], принято: для колонн  $\mu=5$ ; для диафрагм  $\mu=7,5$ ; для ригелей  $\mu=7,5$ . Учитывая, что число ригелей в этаже всегда больше числа колонн и диафрагм, среднее значение  $\mu$  получаем, усреднив сначала значение  $\mu$  для вертикальных элементов – колонн и диафрагм, затем усреднив полученное значение с  $\mu$  для ригелей. В результате получим  $\mu_{cp} = 6,875$ , тогда  $r = 0,85\mu^{-0,67} = 0,2335$ . Данное значение коэффициента редукиции учитываем при расчете обобщенного спектра расчетных реакций по нормам Республики Узбекистан [4].

## Результаты исследования и обсуждение

На рис. 1 приведены графики обобщенных спектров расчетных реакций  $K\beta(T)$  для 12-этажного здания с несущим рамно-связевым каркасом из железобетона. Расчеты и построение графиков выполнены с использованием программного комплекса MathCad.

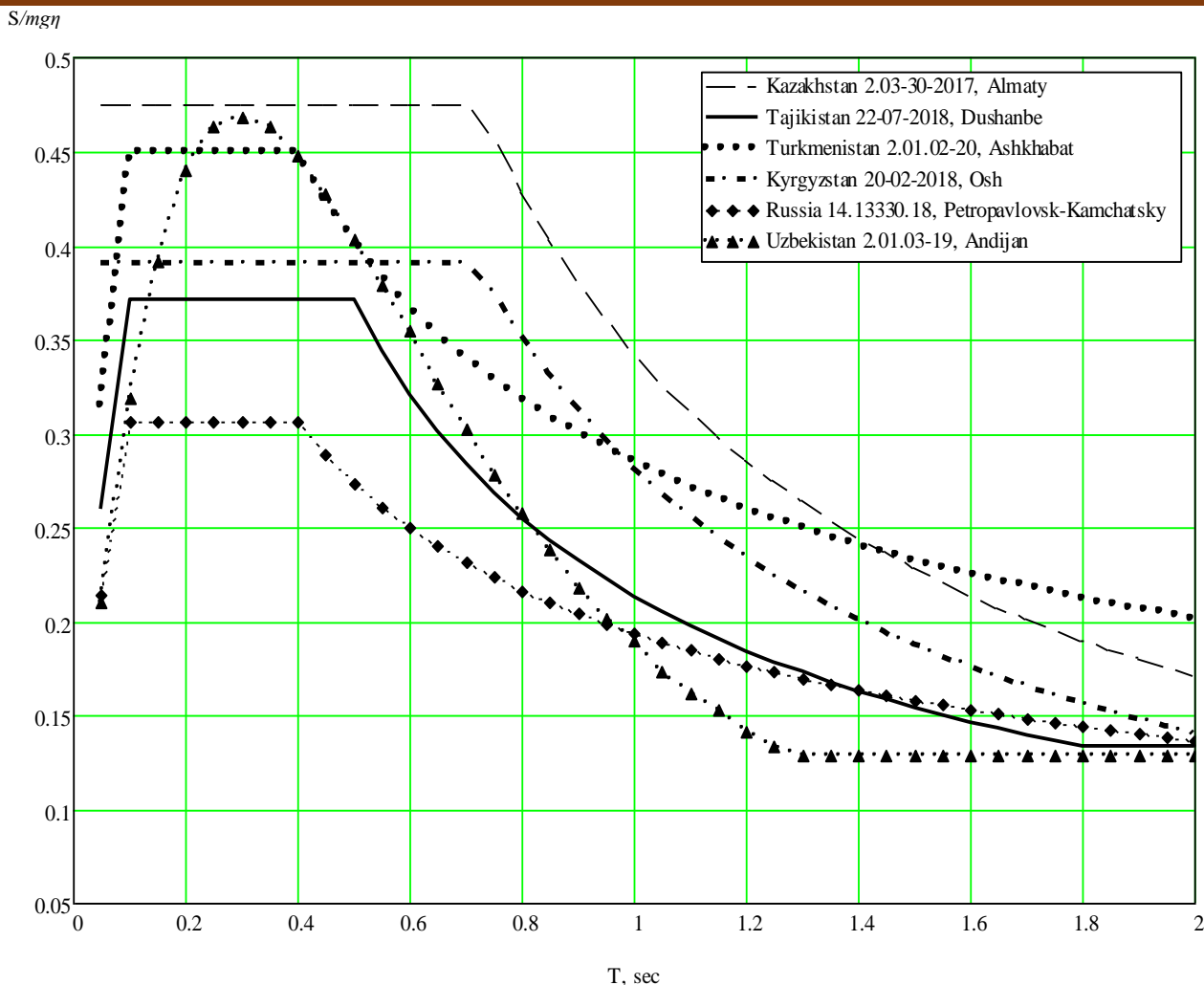


Рисунок 1 - Графики обобщенных спектров расчетных реакций  $K\beta(T_i)$  12-этажного здания с несущим рамно-связевым каркасом из железобетона по нормам сейсмостойкого строительства стран ЦА

Также построены аналогичные графики для зданий высотой от 9 до 25 этажей. Характер кривых варьируется лишь по степени вытянутости вдоль вертикальной оси, поэтому здесь приводим только их максимальные значения. В табл. 2 приведены результаты расчетов максимальных значений спектра реакций  $K\beta(T_i)$  для такого типа здания другой этажности: от 9-ти до 25 этажей. Для сравнения в таблице также даны результаты расчетов по СНиП II-7-81\* (1995г) [7]. Для зданий высотой 16 и более этажей (более 50 м) учтены коэффициенты надежности по ответственности зданий [8].

Таблица 2 - Максимальные значения обобщенного спектра реакций многоэтажного здания с несущим ж/б рамно-связевым каркасом по нормам сейсмостойкого строительства стран ЦА при разной этажности

Наименование СНиП	Этажность здания									
	9 эт	10 эт	12 эт	14 эт	15 эт	16 эт	18 эт	20 эт	22 эт	25 эт
СП РК 2.03-30-2017 (Казахстан)	0,415	0,435	0,475	0,515	0,535	0,569	0,626	0,647	0,662	0,662
СН КР 20-02-2018 (Кыргызстан)	0,341	0,358	0,391	0,424	0,440	0,468	0,515	0,532	0,545	0,545
КМК 2.01.03-19 (Узбекистан)	0,436	0,468	0,468	0,468	0,468	0,480	0,491	0,503	0,515	0,515
СНТ 2.01.02-20 (Туркменистан)	0,420	0,450	0,450	0,450	0,450	0,461	0,473	0,484	0,495	0,495
МКС РТ 22-07-2018 (Таджикистан)	0,330	0,344	0,371	0,399	0,413	0,423	0,434	0,444	0,454	0,454
СП 14.13330.18 (РФ) – для сравнения	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,314	0,321	0,329	0,337	0,337
СНиП II-7-81 (1995) – для сравнения	0,35	0,375	0,375	0,375	0,375	0,384	0,394	0,403	0,413	0,413

Уровень расчетных сейсмических нагрузок более точно будет отражать интегрированный показатель обобщенного спектра  $K\beta_i(T_i)$  в виде определенного интеграла, вычисленного на отрезке  $T_i$  от 0 до 2 секунд. В табл. 3 приведены результаты этих вычислений по рассматриваемым нормам для многоэтажного здания с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом при высоте здания от 9 до 25 этажей.

Таблица 3 - Значения интеграла функции обобщенного спектра реакций  $K\beta_i(T_i)$  многоэтажного здания с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом по нормам сейсмостойкого строительства стран ЦА

Наименование СНИП	Этажность здания									
	9 эт	10 эт	12 эт	14 эт	15 эт	16 эт	18 эт	20 эт	22 эт	25 эт
СП РК 2.03-30-2017 (Казахстан)	0,597	0,626	0,684	0,742	0,771	0,819	0,900	0,932	0,954	0,954
СН КР 20-02-2018 (Кыргызстан)	0,491	0,515	0,562	0,610	0,633	0,673	0,740	0,766	0,784	0,784
КМК 2.01.03-19 (Узбекистан)	0,442	0,474	0,474	0,474	0,474	0,486	0,498	0,510	0,521	0,521
СНТ 2.01.02-20 (Туркменистан)	0,571	0,612	0,612	0,612	0,612	0,627	0,643	0,658	0,673	0,673
МКС РТ 22-07-2018 (Таджикистан)	0,420	0,437	0,472	0,507	0,524	0,537	0,550	0,563	0,576	0,576
СП 14.13330.18 (РФ) – для сравнения	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	0,426	0,437	0,447	0,458	0,458
СНИП II-7-81 (1995) – для сравнения	0,372	0,399	0,399	0,399	0,399	0,409	0,419	0,429	0,439	0,439

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показывает, что для зданий с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом высотой 9-14 этажей расчетные сейсмические нагрузки по нормам Туркменистана выше нагрузок, получаемых по нормам Кыргызстана, а для более высоких зданий наоборот. Для зданий высотой 9-12 этажей сейсмические нагрузки по нормам Узбекистана несколько больше нагрузок по нормам Таджикистана, а для зданий в 14-25 этажей, наоборот сейсмические нагрузки по нормам Таджикистана получаются больше чем для Узбекистана.

В целом, уровень расчетных сейсмических нагрузок, получаемых по нормам Казахстана, Кыргызстана и Туркменистана больше сейсмических нагрузок по нормам Таджикистана и Узбекистана. А по нормам всех стран ЦА уровень расчетных сейсмических нагрузок больше чем по СП 14.13330.18 (РФ) и по СНИП II-7-81\* (1995). Здесь необходимо отметить, что до середины 90-х гг. прошлого столетия в районах сейсмичностью 9 баллов крайне редко возводили здания с несущим железобетонным каркасом высотой более 12 этажей.

В данной работе рассмотрены спектры реакций на сейсмическое воздействие для крупных городов ЦА, где интенсивность землетрясений может достигать 9 баллов по шкале МСК-64. При этом в некоторых других населенных пунктах интенсивность может быть выше. Например, в Казахстане, если расчетная интенсивность (пиковые ускорения грунта) для г. Алматы  $a_{gR(475)}=0.38g$ ,  $a_{gR(2475)}=0.73g$ , то в н.п. Жанаталап и н.п. Саты Алматинской области,  $a_{gR(475)}=0.47g$ ,  $a_{gR(2475)}=0.82g$  и  $a_{gR(475)}=0.50g$ ,  $a_{gR(2475)}=0.865g$ , соответственно, что в 1,12÷1,24 и 1,18÷1,32 раза выше, чем для г. Алматы. В Кыргызстане, если в г. Ош пиковое ускорение  $a_{gR}=0.40g$ , то в г. Баткен  $a_{gR}=0.49g$ , в н.п. Пионер Иссык-Кульской области  $a_{gR}=0.6g$ , что в 1,225 и 1,5 раза выше, чем в г. Ош. То есть по нормам Кыргызстана сейсмические нагрузки для г. Баткен и н.п. Пионер будут выше, чем по нормам Казахстана для г. Алматы.

Из графиков на рис. 1 видно, что для спектра частот от 0,7 до 2 секунд уровень сейсмических нагрузок значительно выше при расчетах по нормам Казахстана, Кыргызстана и Туркменистана, и более консервативно по нормам Таджикистана и Узбекистана.

Уровень сейсмических нагрузок по СП 14.13330.2018 [6] для 9-бальной зоны (г. Петропавловск-Камчатский) примерно в 1,5 раза ниже, чем по нормам Казахстана на всем протяжении спектра (0÷2сек), и ниже значений, получаемых по нормам всех стран ЦА в диапазоне периодов спектра от 0 до 0,8 секунд. Это можно объяснить тем, что ни один крупный город РФ не расположен в сейсмоактивной зоне с возможной интенсивностью землетрясений 9 баллов и крайне малонаселенностью районов Забайкалья и Дальнего Востока, где расположены наиболее сейсмоактивные зоны РФ.

### Заключение

Графики обобщенного спектра реакций  $K\beta_i(T_i)$  многоэтажного здания на сейсмические воздействия, показанные на рис. 1, применительно к зданиям высотой в 12 этажей, и данные таблиц 2 и 3, отражают уровень сейсмических нагрузок, принятых в строительных нормах стран ЦА по сейсмостойкому строительству.



В значениях сейсмических нагрузок на многоэтажные здания с несущим железобетонным рамно-связевым каркасом для населенных пунктов с сопоставимой сейсмичностью, определяемых по действующим строительным нормам стран ЦА, наблюдается значительное расхождение. Рекомендуется в нормах ЦА выработать единый согласованный подход при определении сейсмических нагрузок.

В строительных нормах, в списке населенных пунктов, расположенных в сейсмических зонах, с указанием данных о сейсмичности, рекомендуется добавить графу о численности населения в населенном пункте и агломерации. Это очень важно при оценке рисков и уязвимости населения и инфраструктуры при расчетных и проектных землетрясениях.

*Рецензент: Қаландарбеқов Ж.Қ. — д.т.н., профессор қабедры «Промышленное и гражданское строительство» ЛПТУ им. ақад. М.С.Осими.*

### Литература

1. Свод правил: СП РК 2.03-30-2017. Строительство в сейсмических районах. - Алматы: АО КазНИИСА, 2018. -109с.
2. Строительные нормы: СН КР 20-02:2018. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. – Бишкек, 2019. -136с.
3. Строительные нормы и правила: СНиП РТ 22-07-2018. Сейсмостойкое строительство. - Душанбе: ГУП НИИСА, 2019. -48с.
4. Строительные нормы и правила: КМК 2.01.03-19. Строительство в сейсмических районах / Минстрой РУз. – Ташкент, 2019. -111с.
5. Строительные нормы: СНТ 2.01.08-20. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. – Ашхабад, 2020. -61с.
6. Свод правил: СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*. - Москва: Стандартинформ, 2018. -116с.
7. Строительные нормы и правила: СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. / Минстрой РФ. – Москва, 1996. -112с.
8. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. - Москва: Стандартинформ, 2019. -18с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Негматов Темур Алимович	Негматов Темур Алимович	Negmatov Temur Alimovich
Номзади илмҳои техникӣ, ходими пешбари илмӣ	кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Candidate of technical sciences, senior scientist
Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ	Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences
e-mail: teneal7@gmail.com		

УДК 624.072.332.2

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЬНЫХ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ СТОЕК

И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов, Р.Р. Саидов, А.А. Акрамов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведены результаты экспериментального исследования центрально сжатой стойки с одной дискретной промежуточной упругой опорой, расположенной в середине пролета. Разработана конструкция установки и для испытания приняты два вида труб: круглой и квадратной формы.

**Ключевые слова:** колонна, опора, труба, пролет, нагрузка, длина, усилие, устойчивость.

## ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ УСТУВОРИИ СУТУНҲОИ ПУЛОДИНИ МАРКАЗ ФИШУРДАШУДА

И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов, Р.Р. Саидов, А.А. Акрамов

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши таҷрибавии сутуни марказфишурдашуда бо як тақягоҳи дискретии мобайнии чандирӣ, ки дар мобайни равоқ ҷойгир аст, оварда шудааст. Конструксияи сутун тартиб дода шуда, барои санҷиш ду хел қубур: мудаввар ва росткунҷа қабул карда шудаанд.

**Вожаҳои калидӣ:** сутун, тақягоҳ, қубур, равоқ, сарборӣ, дарозӣ, қувва, устуворӣ.

## EXPERIMENTAL STUDY OF STABILITY OF STEEL CENTRALLY COMPRESSED SUPPORTS

I.Sh. Ashurov, I.S. Muminov, R.R. Saidov, A.A. Akramov

The article presents the results of an experimental study of a centrally compressed rack with one discrete intermediate elastic support located in the middle of the span. The design of the installation was developed and two types of pipes were accepted for testing: round and square.

**Keywords:** column, support, pipe, span, load, length, force, stability.

### Введение

В условиях, сложившихся в современной строительной индустрии, предъявляются повышенные требования к эффективному использованию материальных ресурсов. Это обеспечивается за счет снижения материалоемкости, ужесточение требований к качеству сырья и готовой продукции, уменьшению ее стоимости, а также повышению производительности труда вследствие широкого внедрения и применения новых конструктивных решений. Практическое применение результатов исследований резервов несущей способности строительных конструкций, играет важнейшую роль в развитии строительной индустрии. Экспериментальные исследования при этом занимают одну из главенствующих позиций.

Большой вклад в развитие расчетов по потере устойчивости внесли труды Л. Эйлера и Ф.С. Ясинского [3]. Л. Эйлером были проведены теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых им была выведена формула для определения критической силы  $F_{кр}$ . Вывод формулы в данной статье не рассматривается.

$$F_{кр} = \pi^2 EI_{min} / l_n^2,$$

где:  $E$  – модуль упругости первого рода;  $I_{min}$  – минимальный осевой момент инерции сечения;  $l_n$  – приведенная длина стержня, которая в свою очередь определяется по формуле:

$$l_n = \mu l,$$

где:  $l$  – длина стержня;  $\mu$  – коэффициент расчетной длины, зависит от способа закрепления концов.

Из-за того, что формула Эйлера основана на законе Гука, то применение ее ограничено, и сводится лишь для тонких и длинных стержней с большой гибкостью, которые работают в пределах упругих деформаций. В реальных строительных конструкциях зачастую встречаются стержни с малым значением гибкости. Решение этой задачи было предложено Ф. Ясинским.

Он внес дополнения в работу Эйлера и вывел формулу для определения критической силы сжатых элементов.

$$\delta_{кр} = a - b\lambda,$$

где:  $a$  и  $b$  – коэффициенты, которые зависят от вида материала и являются табличным значением;  $\lambda$  – гибкость элемента, безразмерная величина.

### Материалы и методы исследования

При расчете ветвей стальных сквозных подкрановых частей колонн по нормативной методике [2] расчетная схема из плоскости рамы не учитывает изменение усилия в ветви по ее длине. Расчетная схема колонны по нормативной методике приведена на рис.1.

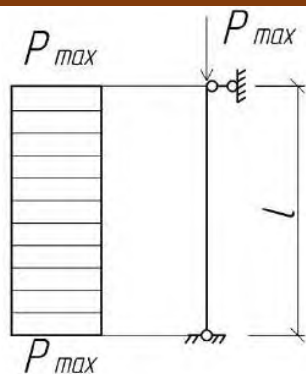


Рисунок 1 – Расчетная схема ветви решетчатой колонны по нормативной методике

Усилие по длине ветви в реальных условиях распределяется ступенчато, согласно схеме рис.2. При этом примыкающие раскосы возможно учесть в качестве упругих промежуточных опор.

Для оценки влияния указанных факторов запланировано проведение экспериментальных исследований центрально сжатой стойки с одной дискретной промежуточной упругой опорой, расположенной в середине пролета. При этом основная нагрузка приложена в верхней точке, а нагрузка догружения – в месте расположения промежуточной опоры.

В работе [1] приведено теоретическое решение данной задачи. Для экспериментальной проверки разработана конструкция установки, общий вид которой представлен на рис.3.

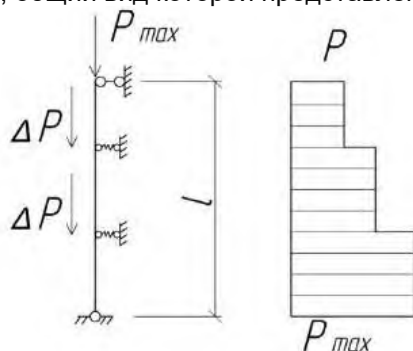


Рисунок 2 – Расчетная схема решетчатой колонны с учетом промежуточных упругих опор и переменного продольного усилия

Для испытания принято два типа образцов: труба бесшовная холодно деформируемая по ГОСТ 8734-75, наружным диаметром 25мм и толщиной стенки 3мм и труба стальная квадратной формы профиля, наружным размером 20мм и толщиной стенки 2мм. по ГОСТ Р 54157- 2010. Длины обоих образцов равны 1000мм. Возможно произвести испытание и иных типов образцов.

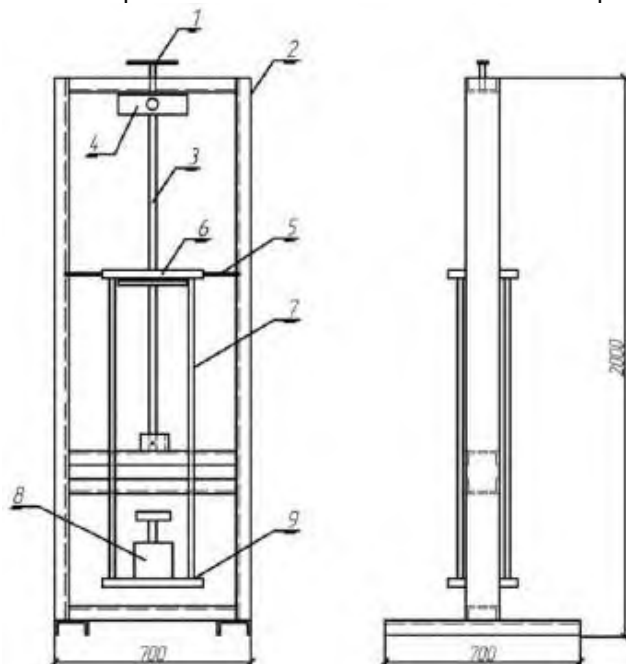


Рисунок 3 – Установка для испытания образцов на устойчивость. 1-винтовой упор, 2-силовая рама установки, 3-испытываемый образец, 4-динамометр сжатия ДОСМ-3, 5- растяжки, 6-верхняя опорная пластина, 7- подвес, 8- гидравлический домкрат, 9-нижняя опорная пластина.

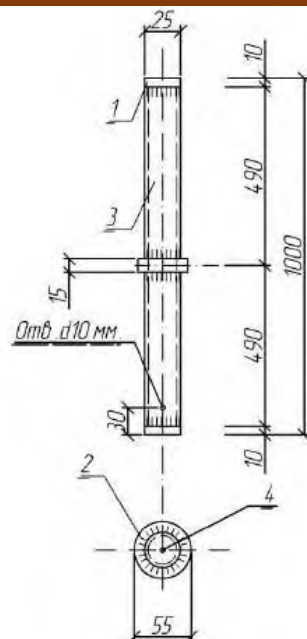


Рисунок 5 – Конструкция испытуемого образца: 1-опорные пластины, 2-распределительная пластина, 3-испытуемый образец (труба 25x3мм.), 4-сферическое углубление

### Обсуждение

Силовой каркас установки представляет собой раму, выполненную из швеллера №14П по ГОСТ 8240-97. Для создания требуемого вертикального усилия на образец, в верхней части рамы выполнен винтовой домкрат с упорной резьбой. На концах образца и винта выполнено сферическое углубление диаметром 5мм., в которое помещается шарик подшипника качения соответствующего размера. Передача усилия происходит от винтового упора через шарик на испытуемый образец.

Усилие, передаваемое образцу, фиксируется динамометром сжатия типа ДОСМ-3. Для создания дополнительного усилия пригруза, к силовой раме установки на четырех стальных растяжках с пружинными компенсаторами, подвешивается верхняя опорная пластина, соединяющаяся посредством четырех подвесов, выполненных из стержневой горячекатаной арматуры класса А240с диаметра 16мм., с нижней опорной пластиной. Для исключения влияния верхней опорной пластины на испытуемый образец, по центру выполнено отверстие в плане круглой формы, в сечении имеющее форму конуса рис.4.

На нижней опорной пластине устанавливается гидравлический домкрат. Путем упора одним концом в ригель рамы, а другим – в опорную шайбу, домкрат создает дополнительное усилие на образец. Усилие, создаваемое домкратом, также фиксируется с помощью манометра [4-13].

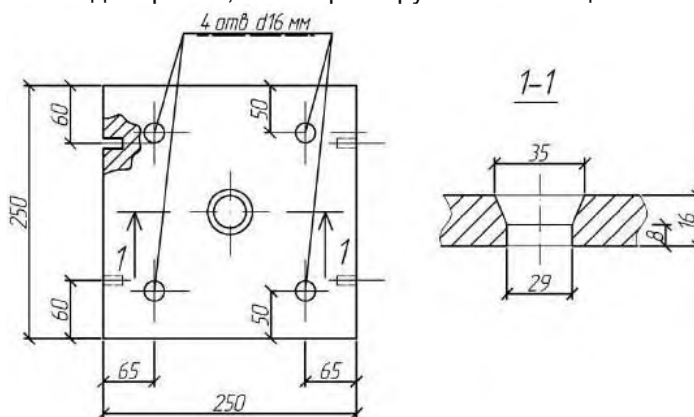


Рисунок 4 – Деталь верхней опорной пластины с поперечным сечением

### Вывод

Конструкция установки для испытания, описанная в данной работе, позволяет реализовать вариант расчетной схемы рис.2 и получить экспериментальные данные для дальнейшего их сопоставления с теоретическими результатами.

*Рецензент: Умарзода У.Х. — к.т.н., первый заместитель Председателя Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан.*

### Литература

1. Солодов Н.В., Пешкова Е.В. Исследование устойчивости стержней// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С.25-27.
2. Солодов Н.В., Пириев Юнис Селим-оглы. Расчетная длина подкрановых ветвей сквозных стальных колонн из плоскости рамы// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С.13-16.

3. А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. Сопротивление материалов. Учебник для вузов, 3-е издание. М.:Высшая школа, 2003. С.408-417. ISBN 5-06-003732-0.
4. Парлашкевич В.С., Василькин А.А., Булатов О.Е. Проектирование и расчет металлических конструкций рабочих площадок. Москва, 2013. 152 с.
5. Гинзбург А.В., Василькин А.А. Постановка задачи оптимального проектирования стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 52–62.
6. Перельмутер А.В. Очерки по истории металлических конструкций. Москва, 2012. 191с.
7. Мирошникова И.М., Синенко С.А. Комплексная модель системы выбора рациональных решений по организации строительных процессов при возведении многоэтажных зданий // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 6 (84). С. 71–75.
8. Vasilkin A.A. System engineering of optimal design of building constructions elements // Proceedings of the METNET seminar 2014 in Moscow. HAMK university of applied sciences. 2014. Pp. 123–130.
9. Grebenyuk Grigory, Veshkin Maxim, Maksak Vladislav, Nosireva Olga Stress-strain state analysis and optimization of rod system under periodic pulse load MATEC Web of Conferences 143, 01003 (2018) YSSIP-2017.
10. Xin-She Yang, G. Bekdaş Sinan M. Nigdeli. Review and Applications of Metaheuristic Algorithms in Civil Engineering. In: Metaheuristics and Optimization in Civil Engineering. Springer 2018. DOI 10.1007/978-3-319-26245-1.
11. Василькин А.А. Системотехника проектирования металлических конструкций // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2013. №8. С. 118–123.
12. Lysenko D., Chelyshkov P. The method of optimization of energy-efficient engineering solutions by varying criteria in cad . В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. P. 022027.
13. Козырева В.В., Волков А.А. Модель многоагентной системы для автоматизации вариантного проектирования стержневых конструкций // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 301–308.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Ашуров Идрис Шарифхонович	Ашуров Идрис Шарифхонович	Ashurov Idris Sharifkhonovich
муаллими калон	старший преподаватель	senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ кафедраи “Соҳтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ”	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, кафедра “Промышленное и гражданское строительство”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Industrial and Civil Engineering
E-mail: <a href="mailto:ashurovidris@gmail.com">ashurovidris@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Муминов Ихтиёр Субхонкулович	Муминов Ихтиёр Субхонкулович	Muminov Ikhtiyor Subkhonkulovich
муаллими калон	старший преподаватель	senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ кафедраи “Соҳтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ”	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, кафедра “Промышленное и гражданское строительство”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Industrial and Civil Engineering
E-mail: <a href="mailto:imuminov86@gmail.com">imuminov86@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Саидов Римохиддин Рачабович	Саидов Римохиддин Раджабович	Saidov Rimohiddin Radjabovic
Номзади илмҳои техники, муаллими калон	Кандидат технических наук, старший преподаватель	Candidate of technical sciences, senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:rimokhiddin@mail.ru">rimokhiddin@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Акрамов Авазҷон Абдуллоевич	Акрамов Авазҷон Абдуллоевич	Akramov Avazjon Abdulloevich
Номзади илмҳои техники, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of technical sciences, assistant professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ кафедраи “Соҳтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ”	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, кафедра “Промышленное и гражданское строительство”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Industrial and Civil Engineering
E-mail: <a href="mailto:akramov.avaz@mail.ru">akramov.avaz@mail.ru</a>		

УДК 624.072.332.2

## МУАЙЯН НАМУДАНИ РЕАКСИЯИ ТАКЯГОҶИ ҚИСМҶОИ АЗ ҚИСМҶО ТАРКИБ ЁФТА, ТАВАССУТИ ПРИНЦИПИ ҚОЙИВАЗКУНИИ ВИРТУАЛӢ

Н. Туйчиев, Ф.Б. Шарипов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар қисми статикаи фанни механикаи назариявӣ муайян намудани реаксияи вобастагиҳои ба ҳаргуна қисмҳои саҳт (системаҳои механикӣ) гузошта шуда дар ҳамворӣ ва дар фазо омӯхта мешавад. Маълум аст, ки агар қисм аз қисмҳои зиёд (аз ду зиёд) сохта шуда бо ҳам пайваस्त шуда бошад, он гоҳ шумораи муодилаҳои мувозинати кувваҳо зиёд мешавад. Муайян намудани реаксияи вобастагиҳо тавассути принципи қойивазкунии виртуалӣ (қойивазкунии имконпазир), ки аз теъдоди вобастагиҳои ба қисм гузошта шуда вобаста нест, ҳалли масъаларо осон мекунад.

**Калимаҳои калидӣ:** қисми саҳт, қува, реаксия, вобастагӣ, қойивазкунӣ, виртуалӣ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СВЯЗИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРИНЦИПОМ ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Н. Туйчиев, Ф.Б. Шарипов

Основной задачей статики твердого тела является определение реакции связи наложенной на тело и составление уравнения равновесия. Если тело состоит из нескольких частей (составные конструкции) и соединенных между собой, то число уравнений равновесия увеличивается. Определение реакции связей принципом возможных перемещений, которое не зависит от числа связей, облегчает решение задач.

**Ключевые слова:** твердое тело, сила, реакция, связь, принцип, возможное, перемещение.

### DETERMINATION OF THE BONDING REACTION OF SOLIDS BY THE PRINCIPLE OF POSSIBLE DISPLACEMENTS

N. Tuychiev, F.B. Sharipov

The main task of solid body statics is a determination the reaction of connection imposed on the body and draw up an equilibrium equation. If the body consists of several parts (composite structures) connected to each other, then the number of the equilibrium equation increase. Determination the reaction of connections by the principle of possible movements, which does not depend on the number of connections, facilitates the solution of problems.

**Keywords:** solid body, force, reaction, connection, principle, possible, movement.

#### Муққадима

Яке аз масъалаи асосии статикаи қисмҳои саҳт ин муайян намудани реаксияи вобастагиҳои ба қисм гузошта шуда ва тартиб додани муодилаи мувозинати кувваҳо ба шумор меравад. Агар қисми саҳти дар ҳамворӣ хоҳада ба монанди пуле, ки ду вобастагӣ дошта бошад, ки якеаш шарнири силиндрии беҳаракат ва дигараш шарнири силиндрии ҳаракатнок, он гоҳ барои муайян намудани реаксияи вобастагиҳо, ки теъдоди номаълумҳо се то мебошад, се муодилаи мувозинати кувваҳои дар як ҳамворӣ хоҳада кифоя аст. Агар қисм (масалан пул) аз ду қисм иборат буда байни ҳам вобастагии дохилӣ дошта бошад, пас шумораи муодилаҳои мувозинати кувваҳо шашто мешавад, агар пул аз се қисми ба ҳам пайваस्त шуда иборат бошад, барои муайян намудани реаксияи вобастагиҳои берунӣ ва дохилӣ нуҳто муодилаи нуҳ номаълумнок ҳал намудан лозим меояд.

#### Принципи қойивазкунии виртуалӣ

Принципи қойивазкунии имконпазир ва ё принципи қойивазкунии виртуалӣ аз теъдоди вобастагиҳои берунӣ ва дохилии ба қисми саҳт гузошта шуда вобаста нест. Идеяи ин принцип аз он иборат аст, ки ба яке аз қисмҳои қисм (масалан ба як қисми пул), ки дар он ҷо реаксияи вобастагиҳо муайян намудан талаб карда мешавад, қойивазкунии хурди ҳаёли дода, қисми элементарии ҳамаи кувваҳоро дар ин қойивазкунӣ ҳисоб намуда, аз як муодила якто номаълумро ёфтани мумкин. [1-2]

Принципи қойивазкунии имконпазир ва ё қойивазкунии виртуалӣ шартҳои умумии мувозинати қисмҳои саҳт ва ё системаи механикиро муайян мекунад.

Қойивазкунии имконпазири нуқтаҳои система ва ё қисмҳои система гуфта, қойивазкунии беҳад хурдери меноманд, ки вобастагиҳои ба система гузошта шуда тағйир намеёбанд. Бо иборати дигар вобастагиҳои ба система гузошта шуда, ба чунин қойивазкунии элементарӣ имконият медиҳанд. Ин қойивазкунӣ аз вақт вобаста нест ва бо мурури замон бо таъсири кувваҳои фавқулода ба монанди қувваи заминчунӣ ва ё тағйир ёфтани ҳарорат ва ё бо ягон сабаби дигар ба амал омаданаш мумкин. Масалан, барои ин қойивазкунии имконпазирро дар назар доштан ҳангоми сохтани пулҳои аз қисмҳои иборат буда дар байни қисмҳо каме қойи ҳолигӣ менамоянд ва ё дар байни роҳи оҳани қатора баъди ҳар 12,5 м қойи пайвастагӣ дорад ва ғайра. Ин қойивазкуниро аз қойивазкунии элементарии ҳақиқӣ  $d\vec{r}$ , ки аз лаҳзаи вақти  $dt$  вобаста аст, фарқ бояд кард. Аз ин рӯ, қойивазкунии виртуалиро бо  $\delta\vec{r}$  ишора карда проексияҳои онро нисбат ба тирҳои координат мувофиқан бо  $\delta x$ ,  $\delta y$ ,  $\delta z$  ишора мекунад.

Ҳангоми истифодаи ин принцип барои муайян кардани реаксияи вобастагиҳо ду шартҳои зеринро қабул мекунад:

1. Ин қойивазкунӣ  $\delta\vec{r}$  нисбат ба қойивазкунии ҳақиқӣ  $d\vec{r}$  хело хурд бошад, яъне  $\delta\vec{r} \ll d\vec{r}$ ;

2. Дар ин ҷойивазкунӣ вобастагиҳои ба система ва ё ба қисмҳои система гузошташуда набояд тағйир ёбанд.

Ҳангоми вобастагиҳои ба қисмҳо (конструкцияҳо) ва ё ба системаи механикӣ гузошта шуда идеалӣ будан (сарфи назар кардани қувваҳои муқовимат), принципи ҷойивазкунии виртуалӣ ба намуди аналитикӣ чунин навишта мешавад:

$$\sum(F_{kx}^a \delta x_k + F_{ky}^a \delta y_k + F_{kz}^a \delta z_k) = 0.$$

дар инҷо  $F_{kx}^a, F_{ky}^a, F_{kz}^a$  проексияҳои қувваи ғаъоли (қувваи берунии) ба нуқтаи к-система таъсиркунанда  $\vec{F}_k^a$  мебошад.

Гарчанде, ки ба ин муодила реаксияи вобастагиҳо дохил намешавад, вале ин принципро барои муайян кардани реаксияи вобастагиҳои ба қисм ва ё системаи аз қисмҳо таркиб ёфта гузошта шуда истифода бурдан мумкин аст. Масалан, барои муайян кардани реаксияи ягон вобастагӣ (реаксияи таъягоҳ) системаро аз ин вобастагӣ озод карда, ба ҷои вобастагӣ реаксияи онро гузошта, ин реаксияро ҳамчун қувваи ғаъол (актив) хонда, ба система ҷойивазкунии виртуалӣ дода, кори элементарии қувваҳои ғаъол ва кори элементарии реаксияҳои вобастагиҳоро ҳисоб кардан мумкин аст.[3-4]

Барои ба ин гуфтаҳо боварӣ ҳосил кардан муайян кардани реаксияи вобастагиҳои болори таркибии  $AK$  – ро, ки аз се қисм иборат буда, тавассути мафсилҳои  $D$  ва  $E$  пайваст шуда, ба ду таъягоҳи ҳаракатноки  $B$  ва  $C$  гузошта шуда, тарафи чаппи он ба нуқтаи  $A$ -и девор дарзбанд шуда аст ва ба болор

қувваи муттамаркази  $P=6кН$  ва қувваҳои баробартақсимшудаи зичиаш  $q=3\frac{кН}{м}$  таъсир мекунад, мавриди омузиш қарор медиҳем, (расми 1а). Вазни болор сарфи назар карда шудааст.

Барои муайян кардани реаксияи вобастагиҳо дар нуқтаҳои  $A, B$  ва  $C$ -и болор принципи асосии статика - принципи аз вобастагиҳо озод карданро истифода бурда, пайи ҳамдигар ин нуқтаҳои болорро аз вобастагӣ озод карда, ба ҷои вобастагӣ реаксияи онро гузошта, ба самти ин реаксияи вобастагӣ ҷойивазкунии виртуалӣ дода (расми 1 – б, в, г, д), кори элементарии қувваҳои ғаъол ва кори элементарии реаксияи вобастагиҳо дар ин ҷойивазкунӣ ҳисоб мекунем. (Барои равашиани андохтан ба ин ҷойивазкуниҳо дар расм онҳо калон нишон дода шудаанд).

Барои муайян кардани моменти муқовимати девор -  $M_A$ , болори  $AD$ -ро аз девор озод карда, ба ҷои он мафсили куррави (шарнири) беҳаракат мегузорем. Ба ин болор бо самти  $M_A$  ҷойивазкунии виртуалии  $\delta\varphi$  медиҳем, дар натиҷа болори таркибӣ намуди расми б)-ро мегирад. Дар ин ҷойивазкунӣ қисми  $EK$ -и болор бетағйир мемонад. Кори элементарии қувваҳоро ҳисоб мекунем.

$$M_A \delta\varphi - Q_1 \delta y_1 = 0,$$

дар инҷо  $\delta y = \frac{DE}{2} \delta\varphi$ , он гоҳ  $M_A = 6 кН \cdot м$ .

Барои муайян намудани ташкилдиҳандаи дигари реаксияи девор  $R_A$ , ба нуқтаи  $A$ -и болор ҷойивазкунии виртуалии  $\delta y_A$  медиҳем (расми в). Қисми  $EK$ -и болор дар ин ҷойивазкунӣ бетағйир мемонад. Муодилаи кори элементарии қувваҳои  $R_A$  ва  $Q_1$ -ро тартиб дода,  $R_A$ -ро ҳисоб мекунем  $R_A = 3 кН$ .

Барои муайян кардани реаксияи таъягоҳи ҳаракатноки  $B - R_B$ , ба нуқтаи гузориши  $\vec{R}_B$  ҷойивазкунии имконпазир  $\delta y_B$  медиҳем, ки дар натиҷа қисми  $EK$ -и болор дар гирди нуқтаи  $C$  бо самти ҳаракати ақрабаки соат ба  $\delta\varphi$  ҷой иваз мекунад, расми г). Дар ин ҷойивазкунӣ қисми  $AD$ -и болор бетағйир мемонад. Муодилаи кори элементарии қувваҳо намуди зерин мегирад:

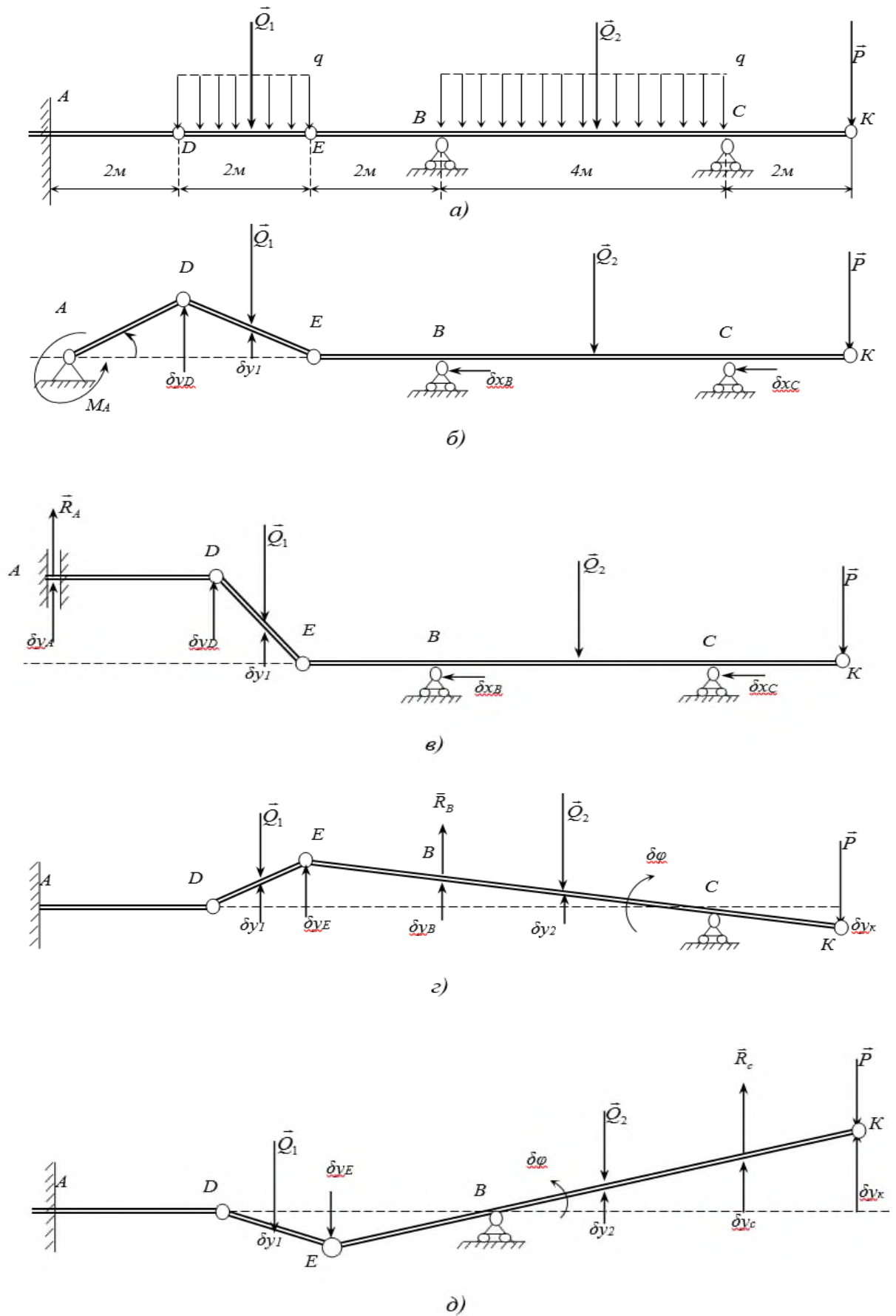
$$R_B \delta y_B - Q_1 \delta y_1 - Q_2 \delta y_2 - P \delta y_k = 0.$$

Вобастагии байни ин ҷойивазкуниҳоро аз  $\delta\varphi$  муайян карда, бузургии  $R_B$ -ро ҳисоб мекунем  $R_B = 7,5 кН$ .

Айнан ҳамин тавр барои муайян кардани реаксияи таъягоҳи ҳаракатноки  $C - \vec{R}_C$  ба нуқтаи  $C$  ҷойивазкунии элементарии  $\delta y_C$  дода, муодилаи кори элементарии қувваҳоро дар ин ҷойивазкунӣ тартиб медиҳем, расми г).

$$R_C \delta y_C - Q_1 \delta y_1 - Q_2 \delta y_2 - P \delta y_k = 0.$$

Вобастагии ин ҷойивазкуниҳоро аз  $\delta\varphi$  муайян карда,  $R_C$  - ро ҳисоб мекунем  $R_C = 13,5 кН$ .



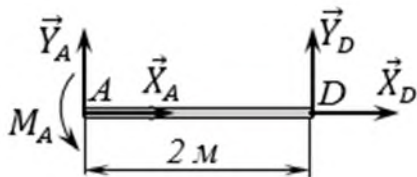
Расми 1 – Болори таркибии аз се қисм иборатбуда



**Муқоисаи ҳалли масъала таввасути тиартиб додани муодилаҳои мувозинатӣ**

Барои муқоиса муайян намудани реаксияи вобастагиҳои болори таркибии АК -ро (расми а) тавассути муодилаҳои мувозинатии системаи қувваҳои дар як ҳамворӣ ҳобида дида мебароем.

1. Қисми AD - и болорро аз мафсили D ҳаёли ҷудо карда, таъсири қисми рости партофташударо бо қувваҳои  $X_D, Y_D$  иваз намуда муодилаи мувозинатии қувваҳоро тартиб медиҳем:



$$\sum F_{kx} = 0 \quad X_A + X_D = 0, \tag{1}$$

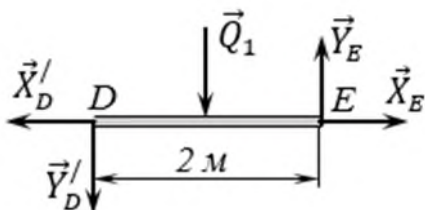
$$\sum F_{ky} = 0 \quad Y_A + Y_D = 0, \tag{2}$$

(2)

$$\sum M_{kD} = 0 \quad M_A - Y_A \cdot 2m. \tag{3}$$

(3)

2. Айнан ҳамин тавр мувозинатии қисми DE – ро дида мебароем:

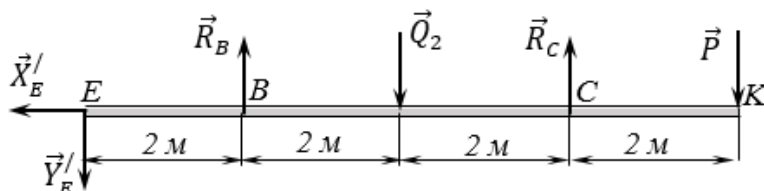


$$\sum F_{kx} = 0 \quad -X'_D + X_E = 0, \tag{4}$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad -Y'_D - Q_1 + Y_E = 0, \tag{5}$$

$$\sum M_{kE} = 0 \quad Y'_D \cdot 2m + Q_1 \cdot 1m = 0. \tag{6}$$

3. Мувозинатии қисми EK – и болоро дида мебароем.



$$\sum F_{kx} = 0 \quad X'_E = 0, \tag{7}$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad -Y'_E + R_B - Q_2 + R_C - P = 0, \tag{8}$$

$$\sum M_{kB} = 0 \quad Y'_E \cdot 2m - Q_2 \cdot 2m + R_C \cdot 4m - P \cdot 6m = 0. \tag{9}$$

Аз муодилаҳои мувозинати номаълумҳо-реаксияи вобастагиҳоро ҳисоб мекунем:

Аз муодилаи (7)  $X'_E = 0$ .

Аз муодилаи (4)  $X'_D = 0$ .

Аз муодилаи (6)  $Y'_D \cdot 2m = -\frac{Q_1}{2} = -3 \text{ кН}$ .

Аз муодилаи (5)  $Y_E = Y'_D + Q_1 = -3 + 6 = 3 \text{ кН}$ .

Аз муодилаи (9)  $R_C = \frac{-Y'_E \cdot 2m + Q_2 \cdot 2m + P \cdot 6m}{4m} = \frac{-6 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 6}{4} = 13,5 \text{ кН}$ .

Аз муодилаи (8)  $R_B = Y'_E + Q_2 - R_C + P = 3 + 12 - 13,5 + 6 = 7,5 \text{ кН}$ .

Аз муодилаи (2)  $Y_A = -Y_D = 3 \text{ кН}$ .

Аз муодилаи (3)  $M_A = Y_A \cdot 2m = 3 \cdot 2m = 6 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Аз муодилаи (1)  $X_A = 0$ .

Натиҷаҳои ҳосилшуда бо ин ду тарзи муайян намудани реаксияи вобастагиҳо бо ҳам мувофиқат мекунанд.

## Хулоса

Татбиқ кардани принципи ҷойивазкунии виртуалӣ барои муайян кардани реаксияи вобастагиҳои берунии ҷисми сахти аз қисмҳои зиёд таркиб ёфта ба монанди пулҳои аз якҷанд қисм иборат буда, новобаста аз вобастагиҳои дохили натиҷаи дилҳоқ медиҳад. Инчунин бо ин усул қувваҳои дохилии дар пайвастагиҳо ба вуҷуд омадаро ба назар намегиранд. Ин боис мегардад, ки ҳалли масъала содда карда шавад.

*Муқарриз: Қаландарбеқов И.Қ. — д.и.т., профессори кафедраи соҳтмони саноатӣ ва шахрванди ДЛТД ба номи ақадемик М.С. Осимӣ.*

## Адабиёт

1. Туйчиев Нозирҷон. Механикаи назариявӣ (силсилаи лексияҳо). Душанбе, “Дониш”, 2012, 255 саҳ.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. 16-е. изд. Москва, 2011, 608 стр.
3. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: Учебник для вузов. 18-е изд. — М.: Высшая школа, 2010. — 416 с.
4. М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. «Теоретическая механика в примерах и задачах». Том 1,2,3. Москва «Наука», 1972 и последующие издания.
5. Н. Туйчиев, Х. Содиков, Х. Орифова. «Маҷмуаи масъалаҳои мунтахаб аз механикаи назариявӣ». Душанбе, 2007.
6. И.В. Мещерский. «Сборник задач по теоретической механике». М. «Наука», 1981 и последующие издания.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Туйчиев Нозирҷон	Туйчиев Нозирджон	Tuychiev Nozirjon
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат техникеских наук, доцент	Candidate of technical sciences, assistant professor
Донишгоҳи техникӣ Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
E-mail: <a href="mailto:nozir_t@mail.ru">nozir_t@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Шарипов Фарход Баротович	Шарипов Фарход Баротович	Sharipov Farhod Barotovich
Номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсент	Кандидат техникеских наук, и.о. доцент	Candidate of technical sciences, assistant professor
Донишгоҳи техникӣ Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
E-mail: <a href="mailto:abdullo.1982@mail.ru">abdullo.1982@mail.ru</a>		

УДК 728.03 (575.2)

## МОДЕЛҲОИ ТАШКИЛИ ФУНКЦИОНАЛИВУ-БАНАҚШАГИРИИ ОБЪЕКТҲОИ ИСТИРОҲАТӢ ВА САЙЕҲӢ ДАР ҲУДУДИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

С.С. Раҳмонов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Масъалаҳои муҳофизат ва истифодаи оқилонаи мероси таърихӣ-фарҳангӣ ва ландшафти табиӣи ҷумҳурӣ, тараққиёти инфрасохтори соҳаи сайёҳӣ, вусъат додани муносибатҳои байналхалқӣ дар соҳаи сайёҳӣ (СС), ҷалби инвеститсия ва амалигардонии лоиҳаҳо ва истифодаи мақсадноки онҳо, ки барои воридшудани Ҷумҳурии Тоҷикистон ба системаи бозори ҷаҳонии хизматрасонии сайёҳӣ мусоидат мекунад, дар мақола барраси карда мешаванд. Инчунин принсипҳои асосии ҳалҳои меъморӣ якҷаҳтор “Модел”-ҳои ташкили функционаливу банақшагирии объектҳои истироҳатӣ ва сайёҳӣ барои истифода дар ҳудуди минтақаҳои гуногуни таърихӣ-фарҳангии Ҷумҳурии Тоҷикистон дида шудааст.

**Калидвожаҳо:** маҷмааи табобатӣ-истиरोҳатӣ, мероси таърихӣ-фарҳангӣ, истироҳатӣ ва сайёҳӣ, меҳмонхона, маркази саломатӣ, маҷмааи варзишӣ, осоишгоҳ.

## МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОТДЫХА И ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

С.С. Рахмонов

В статье рассматриваются охрана и рациональное использование историко-культурного наследия и природного ландшафта республики, развитие туристической инфраструктуры, расширение международных связей в сфере туризма, привлечение инвестиций и реализация проектов и будет рассмотрено их целевое использование, способствующее вхождению Республики Таджикистан в систему мирового рынка туристических услуг. Также основными принципами архитектурных решений являются ряд «Моделей» функциональной организации и планировки рекреационно-туристических объектов для использования в различных историко-культурных регионах Республики Таджикистан.

**Ключевые слова:** лечебно-курортный комплекс, историко-культурное наследие, рекреация и туризм, отель, санаторий, гостиница, спортивный комплекс.

## MODELS OF FUNCTIONAL PLANNING ORGANIZATION OF RECREATION AND TOURISM FACILITIES IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

S.S. Rakhmonov

The article discusses the protection and rational use of the historical and cultural heritage and natural landscape of the republic, the development of tourism infrastructure, the expansion of international relations in the field of tourism, attracting investments and implementing projects. and their intended use will be considered, facilitating the entry of the Republic of Tajikistan into the system of the world market for tourism services. Also, the main principles of architectural solutions are a number of “Models” of the functional organization and layout of recreational and tourist facilities for use in various historical and cultural regions of the Republic of Tajikistan.

**Keywords:** medical resort complex, historical and cultural heritage, recreation and tourism, sanatorium, hotel, sports complex.

### Муқаддима

Ҷумҳурии Тоҷикистон ва халқи тоҷик бо таърихи пурғановату ғании хеш инчунин табиати нодиру нотакрор ва минтақаҳои биҳиштосояш заминаи устуворе барои рушди соҳаи сайёҳӣ мебошад. Соҳаи сайёҳӣ (СС) яке аз нишондиҳандаҳои маъмули сармоягузори аҳолии манотиқи гуногуни дунё буда, ҳамчун як манбаи даромади аҳолии маҳал ба ҳисоб меравад ва барои рушди бемайлону бозътимоди иқтисодӣ тамоми кишварҳои олам саҳмгузор мебошад.

Бо мақсади беҳтар гардонидани вазъи иҷтимоию иқтисодии мавзӯҳои гуногуни мамлакат, таъсиси ҷойҳои нави корӣ, муарифии таъриху тамадун ва ҳунару анъанаҳои миллати тамадунофари тоҷик аз ҷониби Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ, Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон соли 2018 “Соли рушди сайёҳӣ ва ҳунароҳои мардумӣ”, солҳои 2019-2021 “Солҳои рушди деҳот, сайёҳӣ ва ҳунароҳои мардумӣ эълон гардидаанд. Аз ҷумла, Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ, Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон дар паёмашон ба маҷлис Оли 26 декабри соли 2019 қайд намуданд, ки аллакай дар соли аввали эълони “Соли рушди сайёҳӣ ва ҳунароҳои мардумӣ” пешрафт ва шукуфои дар деҳоти кишвар мушоҳида мешавад, ки ба рушди соҳаи сайёҳӣ ва ҳунароҳои мардумӣ мусоидат мекунад.

### Мақсади кор

- таҳлил ва омӯзиши нишондиҳандаҳои асосии рушди соҳаи сайёҳӣ;
- бо мақсади ҷалби сайёҳони ватанию хоричӣ ба минтақаҳои фароғатии Ҷумҳурии Тоҷикистон моделҳои биноҳо ва маҷмааҳо бо таҳрезии наву муосир ва ҳалҳои меъморӣ ба шароити табию иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон хос таҳия карда мешаванд.

### Методология ва усулҳои кор

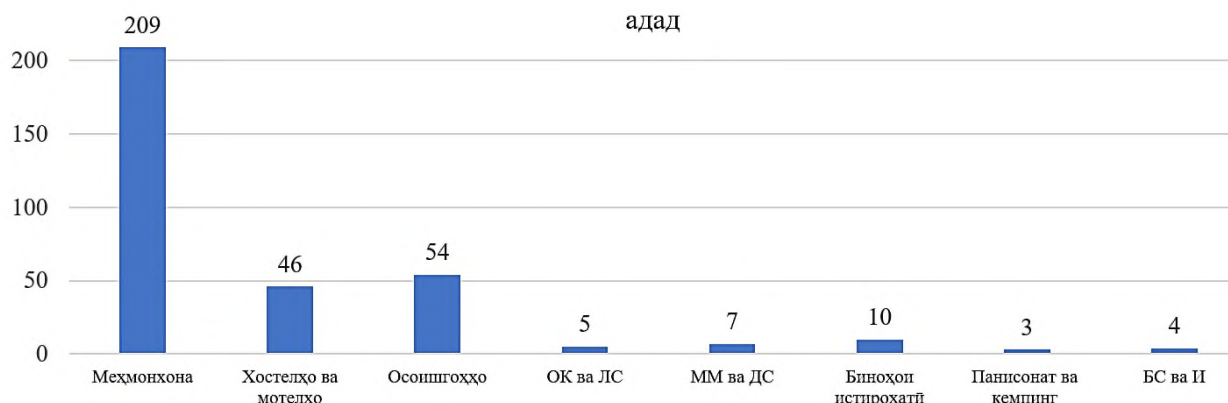
Дар таҳқиқоти илмӣ маҷмӯи усулҳои омӯзиши ҳалҳои меъморӣ объектҳои сайёҳӣ ва муассисаҳои истироҳатӣ татбиқ карда мешаванд.

Асоси назариявӣ ва методологии ин тадқиқот таҳлили ҳамаҷонибаи сохтори тарҳию ҳаҷмӣ, ҳалҳои меъморӣ-банақшагирӣ, ташкили функционалӣ ва воситаҳои ифодаи меъморӣ-бадеии объектҳои истироҳатӣ ва сайёҳӣ мебошад.

### Принсипҳои умумӣ

Бо дастгирии Ҳукумати мамлакат пайвастании минтақаҳои кишвар бо ҳамдигар ба воситаи шоҳроҳҳо ва нақбҳо инчунин бунёд намудани инфрасохторҳои гуногуни сайёҳӣ барои рушди соҳаи мазкур як заминаи мусоиде дар ҷумҳури гузоштааст.

Тибқи маълумотҳои оморӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон биноҳо ва маҷмааҳои хизматрасонии сайёҳӣ баробари 338 адад буда, аз ҷумла меҳмонхона, хостелҳою мотелҳо, осоишгоҳҳо, осоишгоҳҳои ҷудаконую лагерҳои солдимгардонӣ (ОК ва ЛС), марказҳои муолиҷавию дармонгоҳҳои солимгардонӣ (ММ ва ДС), биноҳои истироҳатӣ, пансионату кемпинг ва базаи сайёҳию истироҳати (БС ва И) мебошанд, ки онҳо барои қабули меҳмонону сайёҳон дар кишвар омодаанд расми 1. Барои зиёд намудани теъдоди сайёҳон ва беҳтару хубтар намудани сатҳи сифати ҳуди соҳаи мазкур ва хизматрасонӣ, Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон нақшаи рушди туризм ва сайёҳиро омода кардааст [2].



Расми 1 – Шумораи биноҳо ва маҷмааҳои хизматрасонии сайёҳии ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҳолати моҳҳои январ – июни соли 2023-2024

Ҳадафи асосии қонунгузорию дар соҳаи туризму сайёҳӣ дар мамлакат истифодаи самаранокую оқилонаи мероси таърихию фарҳангӣ ва муаррифии тамадуни пурғановати миллати тоҷик, табиати зебою манзараҳои дилкушо, рушду нумӯи инфрасохтори СС, маблағгузорию байналмиллалӣ, ҷалби инвестрҳои сармоягузор, саҳмгузорию ва амалӣ намудани лоиҳаҳои СС, инчунин баланд бардоштани малакаи мутахассисони соҳаи туризм, самти муҳим ва механизми иҷроиши барномаҳои милли ба шумор мераванд [3,4,5].

Соҳаи сайёҳӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон яке аз соҳаҳои муосир буда саҳми он дар рушди иқтисодии мамлакат калон мебошад. Махсусан дар солҳои охир рушди бо суръати ин соҳа дар кишвар ба назар мерасад. Бояд зикр намуд, ки барои рушду нумӯи соҳаи мазкур бо мақсади баланд бардоштани сатҳи сифати хизматрасонии, муаррифии таъриху тамаддун ва дигар боигариҳои табиӣ мамлакат дар ҷумҳурӣ “Стратегияи рушди сайёҳӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030” бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 1-уми августи соли 2018, таҳти №372 тасдиқ шудааст [6].

Бояд гуфт, ки ҳамаасола боздиди сайёҳони хориҷӣ аз Ҷумҳурии Тоҷикистон беш аз пеш афзоиш ёфта истодааст. Тибқи маълумотҳои оморӣ соли 2022 аз Ҷумҳурии Тоҷикистон зиёда аз 1 миллиону 151,9 ҳазор хориҷиён дидан намуданд ҷадвали 1. Бо назардошти нишондиҳандаҳои оморӣ дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон аз он ҷумла дар шаҳри Душанбе 101, вилояти Суғд 46, вилояти Хатлон 17, вилояти Мухтори Куҳистони Бадахшон 41 ва ноҳияҳои тобеи ҷумҳурии 9 ширкатҳои сайёҳӣ фаъолият доранд [2].

Муаллиф дар мақолаи мазкур бо мақсади муайян кардани вазъи кунунӣ ва шароитҳои рушду тақомути объектҳои истироҳатӣ, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷойгиранд, пурсиш аз истироҳаткунандагон, маъмурият ва хизматрасонии муассасаҳои истироҳатӣ ва сайёҳӣ анҷом додааст [1].

Ҷадвали 1- Шумораи воридшавии шаҳрвандони хориҷӣ ба Ҷумҳурии Тоҷикистон дар панҷсол аз соли 2019 то нисолаи якуми соли 2024

Солҳо	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Шумораи умумии воридшавии шаҳрвандони хориҷӣ (миллион нафар)	1000319,2	410000,1	517000,6	1000151,9	2000509,0	748000,3
Шумораи умумии воридшавии сайёҳон (миллион нафар)	1000257,3	350000,6	296000,3	999000,3	1000201,0	580000,5

Дар маҷмӯъ, натиҷа нишон дод, ки 86% сайёҳони пурсиш гузаронида шуда, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон истироҳат намудаанд муҳимияти мавзӯи таҳқиқотшавандаро тасдиқ карданд (расми 2).



Расми 2 - Натиҷаи пурсиш бо пурсишнома вобаста ба истироҳаткунандагон

Таҳқиқот нишон медиҳад, ки дар ҷумҳурӣ фоизи истироҳаткунандагони кӯтоҳмуддат зиёданд. Маъмултарин минтақаҳои истироҳатӣ сайёҳӣ дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистони воқеъ водии Зарафшон, обамбори Қайроқум, Варзоб, Ромит, обамбори неругоҳи барқию обии Норк ва Вилояти Мухтори Қуҳистони Бадахшон мебошанд.

Ҳангоми гузаронидани пурсиш аксарияти истироҳаткунандагон аз вазъи биноҳо ва маҷмааҳои мавҷудаи истироҳатӣ сайёҳӣ ва ташкилотҳои хизматрасонии истироҳаткунандагон ва сайёҳон дар Ҷумҳурии Тоҷикистон қаноатманд набуданд.

Дар саволи чӣ гуна бояд хизматрасониҳои ситемаҳои сайёҳӣ баланд бардошта шаванд. Чунин посух додан мумкин аст:

- гузаронидани муоинаи техникӣ ва баланд бардоштани шароити хизматрасони объектҳои СС;
- бунёд ва аз навсозии биноҳо ва маҷмааҳои хизматрасонии СС бо ҳалҳои меъморӣ муосир ва ҷалбкунанда;
- баланд бардоштани сатҳи инфрасохтори ситемаҳои сайёҳӣ;
- истифодаи усулҳои инноватсионӣ муосир сатҳи хизматрасонӣ сайёҳӣ;
- ҷойгиркунии объектҳои сайёҳӣ дар минтақаҳои хос вобаста ба соҳаи мазкур;
- фароҳам овардани имкониятҳои истифодаи шароитҳои табиӣ иқлимӣ.

Омилҳои, ки дар мақола қайд гардидаанд ба тавсияҳои илман асоснок карда шуда доири лоиҳакашию сохтмони биноҳо ва маҷмааҳои фароғатӣ сайёҳӣ шаҳодат медиҳанд. Ҳамзамон бояд таҷрибаи баланд бардоштан ва роҳҳои рушду тараққи соҳаи мазкурро дар кишварҳои ҷаҳон мавриди таҳлилу омӯзиш ва баррасӣ қарор дод. Аз ҷумла, бо таҳлили ҳаматарафаи таҷрибаи лоиҳакаши ва сохтмони биноҳо ва маҷмааҳои фароғатӣ сайёҳӣ ҷаҳонӣ, ҳамчунин хусусиятҳои хоси шароитҳои табиӣ иқлимӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон, намудҳои гуногуни модели биноҳо ва маҷмааҳои бисёрфунксионӣ фароғатӣ сайёҳӣ барои истифода дар минтақаҳои мухталифи таърихӣ фарҳангии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар қори мазкур пешбини карда шудааст.

Моделҳои пешниҳод гардида вобаста ба мавқеи ҷойгиршавиашон хусусияти ҳар хела дошата чунин номгузори карда шудаанд (рамҳои 3-7).



Расми 3 – Модели "Мутаҳаррик"

Моделҳои "Мутаҳаррик" (ММ) – дар ММ объектҳои истироҳатӣ фароғати СС бо назардошти давраҳои гуногуни сол ва истифодабарии биноҳо ва маҷмааҳои СС ҷойгир карда мешаванд. Дар ММ хусусияти хоси табиӣ иқлимӣ ва демографии минтақа ба инобат гирифта мешавад. ММ дорои масоҳати хурд буда, барои истиҳату фароғати мавсимӣ дар он объектҳои СС ҷойгир карда мешаванд. Ба ММ ҷойгир намудани биноҳо ва маҷмааҳо хос мебошанд: меҳмонхонаҳои ғунҷошашон кам, маҷмааҳои хурди истироҳатӣ фароғатӣ. Аслан ба ММ биноҳо ва ё маҷмааҳо хос мебошанд, ки тавоноии ғунҷоиши онҳо

аз 1 то 20 нафарро ташкил медиҳанд. Масоҳати сохтмони бино аз 10 то 100 м<sup>2</sup> мебошад. Сарбори истироҳатию фароғатӣ дар ММ - аз 0,001 то 0,005 нафар/ га-ро ташкил медиҳад.

Моделҳои дигаре, ки дар қори мазкур мавриди пешниҳод қарор гирифтааст, моделҳои "Нуқта" номгузори шудааст.



Расми 4 – Моделҳои "Нуқта"

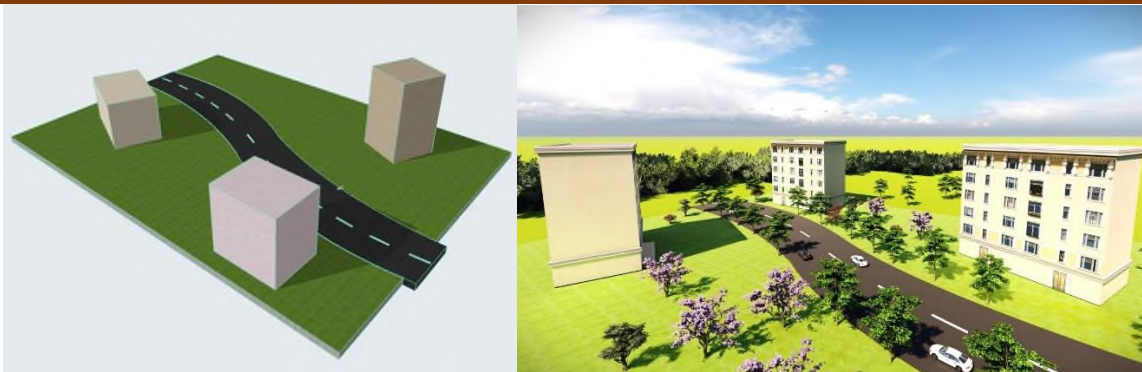
Дар моделҳои "Нуқта" биноҳои фароғатию сайёҳатие ҷойгир карда мешаванд, ки ғунҷоиши на он қадар зиёд дошта сардори начандон калонро доро мебошанд. Моделҳои зикргардида барои нуқтаҳои тарҳбандии ихчам инчунин ҷойҳои хурди фароғатию сайёҳи мувофиқ аст. Намудҳои зерини бино ва маҷмааҳо ба ин модел мувофиқат мекунад: меҳмонхонаҳои хурд, шифохонаҳо, мотелҳо, меҳмонхонаҳои экологӣ. Дар моделҳои нуқта биноҳо ва маҷмааҳо ҷойгир карда мешаванд, ки онҳо аз 5 то 25 нафар ғунҷоиш доранд. Масоҳати қитъаи сохтмони зерини биноҳои моделҳои нуқта аз 600 м<sup>2</sup> то 1 га мебошад. Сарбори истироҳатию фароғатӣ дар моделҳои нуқта - аз 0,01 нафар/га то 0,05 нафар/га муайян шудааст.



Расми 5 – Моделҳои "Роҳ"

Моделҳои "Роҳ" (МР) ба ин модел бино ва ё ин ки маҷмааҳои истироҳатию сайёҳие дохил мешаванд, ки онҳо дар наздикии шоҳроҳи мошингузар, соҳили дарё, қулҳо, обанборҳои сунъию табиӣ, ва ғайра воқеъ мебошанд.

Ҳангоми тарҳрези МР биноҳо ва маҷмааҳои бисёрфункционали СС аз қабилӣ бустонсаройҳо, меҳмонхонаҳо, мотелҳо, кемпингҳо нуқтаҳои санҷишию тадқиқотӣ, минтақаҳои истироҳатию фароғати барои наврасон, маҷмааҳои варзиши обӣ ва ғайра бояд ҷойгир карда шаванд. Дар моделҳои роҳ биноҳо ва маҷмааҳо ҷойгир карда мешаванд, ки ғунҷоиши онҳо аз 20 то 70 нафар мебошад. Масоҳати моделҳои роҳ аз 1000 м<sup>2</sup> то 3 га. Шуда метавонад. Сарбории фароғатию истироҳатӣ дар моделҳои мазкур баробари аз 0,01 то 0,5 нафар/га мебошад.



Расми 6 – Модели "Шабака"- (МШ)

Модели "Шабака" (МШ). Ба МШ биноҳо ва маҷмааҳои СС, ки масоҳати ками истироҳатию фароғатӣ доранд, инчунин саёҳон ба он минтақа ба тариқи пиёда сайр мекунамд дохил мешаванд. Бояд модели шабака наздик ба хатсайри сайёҳи дар масофаи аз 200 то 5000 метр ҷойгир крада шавад. Биноҳо ва маҷмааҳои зерин кемпингҳо, базаҳои истироҳатӣ, биноҳои шикорчиён, биноҳои моҳигирон, бошишгоҳҳо, хаймаҳо, паноҳгоҳҳои сайёҳон ва айвону соябонҳо, майдончаҳои назоратӣ ё дидбонӣ ба модели шабака мвофиқат менамоянд. Иқтидори ҳар як бино метавонад аз 1 то 5 нафар ва иқтидори умумии маҷмааи дар шабака мавҷудбуда аз 20 то 200 нафарро ташкил диҳад. Майдони маҷмаа аз 1000 м<sup>2</sup> то 5 га. Сарбории фароғатӣ аз 0,25 нафар/га то 0,5 нафар/га-ро ташкил медиҳад.



Расми 7 – Модели "Маҷмаа"

Модели "Маҷмаа". Биноҳои бисёрфункционалӣ барои истироҳат ва фароғат ба ин модел дохил мегарданд. Ҳама функцияҳоро дар як блок ё дар якчанд блокҳо ба ҳам алоқаманд ҷойгир кардан мумкин аст.

Ҷойгир намудани биноҳо ва объектҳои зерин ба модели маҷмаа мувофиқи мақсад мебошад: марказҳои фароғатӣ, марказҳои калони варзишӣ ва фитнес, биноҳои пиронсолон, марказҳои илмӣ ва марказҳои ҷавонон. Дар модели маҷмаа объектҳои ҷойгиркарда мешаванд, ки ғунҷошашон аз 50 то 350 нафар мебошад. Масоҳати сотмони модели мазкур аз 30 то 80 га мебошад. Сарбории фароғатӣ аз 0,8 то 4,0 нафар / га-ро дар модели мазкур ташкил медиҳад.

## Хулоса

Барои ташкили функционалии банақшагирии биноҳои маҷмааҳои истироҳатӣ ва сайёҳии дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон дар қорӣ мазкур моделҳои "Мутаҳаррик, Нуқта, Роҳ, Шабака, Маҷмаа" бо параметрҳои иҷозатдодашудаи иқтидор, масоҳат ва сарбории фароғатӣ, манзараҳои табиӣ доманакӯҳҳо таҳия шудаанд.

Тавсияҳои пешниҳодшуда оид ба ҷойгиркунии биноҳо ва маҷмааҳои истироҳатӣ бо назардошти истифодаи оқилонаи сарватҳои табиӣ инчунин роҳҳои рушд ва инкишофи соҳаи сайёҳӣ дар минтақа пешбини гардидааст.

*Муқарриз: Ҳасанов Н.Н. — д.меъморӣ, профессори қабедраи «Меъмории биноҳо ва иншоот»-и ДИИИТ ба номи ақадемик М.С.Осимӣ.*

## Литература

1. Агентии омери назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. <https://www.stat.tj/soli-2023-shumorai-safarhoi-sajyohi-dar-sar-4> санаи хондани мавод : 02.08.2024.
2. Қумитаи рушди сайёҳии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон <https://ctd.tj/2024/07/31> санаи хондани мавод : 31.07.2024.

3. Мукимова С.Р., Рахмонов С.С. Развитие архитектуры объектов отдыха и туризма в Республике Таджикистан. Монография / Под редакцией проф. Р.С.Мукимова. – Душанбе: ОО «ICOMOS в РТ», 2019. – 289 с.,
4. Официальный сайт Министерства Иностранных Дел Республики Таджикистан. О туристических ресурсах Республики Таджикистан. [Электронный ресурс] — URL: <http://mfa.tj> Дата обращения: 18.10.2012.
5. Постановление Правительства Республики Таджикистан от 28 мая 2009 г. № 299 «О Государственной программе развития туризма в Республике Таджикистан на период 2010-2014 гг.» //Централизованный Банк правовой информации РТ «Адлия» Министерства Юстиции Республики Таджикистан.
6. Указ Президента Республики Таджикистан. Об объявлении 2019-2021 годов «Годами развития села, туризма и народных ремесел» от 2 января 2019 года, № 1170.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR**

TJ	RU	EN
Раҳмонов Саъди Сухробович муаллими калон	Рахмонов Саъди Сухробович старший преподаватель	Rahmonov Sadi Sukhrovovich senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
e-mail: <a href="mailto:sadi.suxrob@mail.ru">sadi.suxrob@mail.ru</a>		



УДК 624.04

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

<sup>1</sup>Д.Н. Низомов, <sup>2</sup>И.К. Каландарбеков, <sup>2</sup>Д.Дж. Исвалиев, <sup>2</sup>И.И. Каландарбеков

<sup>1</sup>Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана

<sup>2</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Рассматривается решение динамической задачи по расчету системы, состоящей из дисков перекрытий, соединенных между собой реальными связями, методом сосредоточенных деформаций. На основе разработанной компьютерной программы получены результаты численного решения плоской задачи с учетом деформации реальных швов, соединяющих плиты между собой и с ригелями. Результаты численного моделирования исследуемого объекта сопоставлены с известными решениями.

**Ключевые слова:** диск перекрытия, податливость, матрица жёсткости, комплексный шов, реальный шов, фиктивный шов, мгновенный импульс.

## ҲАЛЛИ АДАДИИ МАСЪАЛАҶОИ ДИНАМИКИИ ДИСКИ БОЛОПУШ БО МЕТОДИ МУТАМАРКАЗКУНОНИИ ДЕФОРМАТСИЯҶО

Ҷ.Н. Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, Д.Ҷ. Исвалиев, И.И. Қаландарбеков

Ҳалли масъалаҳои динамикии барои ҳисоби системаҳо, иборат аз диски болопушои байни худ бо дарзҳои ҳақиқии пайвастида бо методи мутамарзкунонии деформатсияҳо дида баромада шудааст. Дар асоси барномаи компютери коркард шуда, натиҷаҳои ададии ҳалли масъалаҳои ҳамвор бо назардошти деформатсияҳои дарзӣ ҳақиқие, ки байни болопушо ва болопушову сарравҳо мавҷуд аст, ба даст оварда шудааст. Натиҷаҳои моделкунонии ададии объекти таҳқиқшаванда бо ҳалҳои маълум муқоиса карда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** диски болопуш, нармӣ, матрисаи сахтӣ, дарзи комплексӣ, дарзи ҳақиқӣ, дарзи фиктивӣ, импульси лаҳзавӣ.

## NUMERICAL SOLUTION OF THE DYNAMIC PROBLEM OF FLOORS DISKS USING THE CONCENTRATE DEFORMATION METHOD

D.N. Nizomov, I.Q. Qalandarbekov, D.J. Isvaliev, I.I. Qalandarbekov

We consider the solution to a dynamic problem of calculating a system consisting of floor disks connected to each other by real connections using the concentrated deformation method. Based on the developed computer program, the results of a numerical solution of a plane problem were obtained, taking into account the deformation of real seams connecting the slabs to each other and to the crossbars. The results of numerical modeling of the object under study are compared with known solutions.

**Keywords:** overlap disk, pliability, stiffness matrix, complex seam, real seam, dummy seam, instant impulse.

### Введение

Диски перекрытий, состоящие из сборных железобетонных плит, выполняют функцию диафрагм жёсткости, распределяя горизонтальные нагрузки, включая сейсмические, между вертикальными несущими конструкциями. Податливость стыковых соединений между панелями, а также между панелями и ригелями, может значительно влиять на распределение внутренних усилий в вертикальных несущих элементах здания. В работе, исследуется деформативность дисков перекрытий на примере фрагмента ячейки каркасного здания с односторонним расположением ригелей. Метод сосредоточенных деформаций [1, 2] получил дальнейшее развитие в работах [3, 4], где рассмотрены решения различных статических и динамических задач.

### Уравнение движения

Система дифференциальных уравнений дискретной динамической модели с сосредоточенными массами представляется в виде

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{V}} + \mathbf{D}\dot{\mathbf{V}} + \mathbf{K}\mathbf{V} = \mathbf{P}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{K}$  - матрицы масс, затухания и жесткости,

$\mathbf{V}$ ,  $\dot{\mathbf{V}}$ ,  $\ddot{\mathbf{V}}$  - векторы-столбец перемещений, скоростей и ускорений,

$\mathbf{P}$  - вектор-столбец заданной нагрузки

$$\mathbf{M} = \text{diag}(m_1 I_1 m_1 \dots m_n I_n m_n), \quad \mathbf{V} = (u_1 \varphi_1 w_1 \dots u_n \varphi_n w_n)^T,$$

$$\dot{\mathbf{V}} = (\dot{u}_1 \dot{\varphi}_1 \dot{w}_1 \dots \dot{u}_n \dot{\varphi}_n \dot{w}_n)^T, \quad \ddot{\mathbf{V}} = (\ddot{u}_1 \ddot{\varphi}_1 \ddot{w}_1 \dots \ddot{u}_n \ddot{\varphi}_n \ddot{w}_n)^T,$$

$$\bar{\mathbf{P}} = (P_{1x} M_{1y} P_{1z} \dots P_{nx} M_{ny} P_{nz})^T.$$

Используя аппроксимирующие функции векторов скоростей и ускорений [5]

$$\ddot{\mathbf{V}}_{n+1} = \frac{\alpha_1}{\tau^2} (\mathbf{V}_{n+1} - \mathbf{V}_n) - \frac{\alpha_2}{\tau} \dot{\mathbf{V}}_n - \alpha_3 \ddot{\mathbf{V}}_n,$$

$$\dot{\mathbf{V}}_{n+1} = \frac{\beta_1}{\tau} (\mathbf{V}_{n+1} - \mathbf{V}_n) - \beta_2 \dot{\mathbf{V}}_n - \tau \beta_3 \ddot{\mathbf{V}}_n, \quad (2)$$

где  $\alpha_i, \beta_i$  - коэффициенты аппроксимации,  $\tau$  - шаг по времени

Из (1) с учетом (2) получим систему алгебраических уравнений

$$\mathbf{K}^* \mathbf{V}_{n+1} = \mathbf{P}_{n+1}^*, \quad (3)$$

соответствующая моменту времени  $n + 1$ , в которой обобщенная матрица внешней жесткости определяется по формуле

$$\mathbf{K}^* = \mathbf{K} + \alpha_1^* \mathbf{M} + \beta_1^* \mathbf{D}, \quad (4)$$

Вектор свободных членов состоит из суммы трех векторов

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_{n+1}^* &= \mathbf{P}_{n+1} + \mathbf{M} \mathbf{a}_n + \mathbf{D} \mathbf{b}_n, \\ \mathbf{a}_n &= \alpha_1^* \mathbf{V}_n + \alpha_2^* \dot{\mathbf{V}}_n + \alpha_3^* \ddot{\mathbf{V}}_n, \quad \mathbf{b}_n = \beta_1^* \mathbf{V}_n + \beta_2^* \dot{\mathbf{V}}_n + \tau \beta_3^* \ddot{\mathbf{V}}_n, \\ \alpha_1^* &= \alpha_1 / \tau^2, \quad \alpha_2^* = \alpha_2 / \tau, \quad \beta_1^* = \beta_1 / \tau, \\ \alpha_1 &= \alpha_2 = 4, \quad \alpha_3 = 1, \quad \beta_1 = 2, \quad \beta_2 = 1, \quad \beta_3 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Если матрицу демпфирования представить пропорционально матрице масс и жесткости

$$\mathbf{D} = a_0 \mathbf{M} + b_0 \mathbf{K},$$

где  $a_0, b_0$  - постоянные,

то обобщенная матрица внешней жесткости и вектор свободных членов приобретают вид

$$\begin{aligned} \mathbf{K}^* &= \mathbf{K} k_1 + \mathbf{M} k_2, \\ \mathbf{P}_{n+1}^* &= \mathbf{P}_{n+1} + \mathbf{M} \mathbf{a}_n^* + \mathbf{K} \mathbf{b}_n^* \end{aligned}$$

где  $\mathbf{a}_n^* = \mathbf{a}_n + a_0 \mathbf{b}_n$ ,  $\mathbf{b}_n^* = b_0 \mathbf{b}_n$ ,  $k_1 = 1 + \beta_1^* b_0$ ,  $k_2 = \alpha_1^* + a_0 \beta_1^*$ .

Здесь  $\mathbf{P}_{n+1}^*$  - вектор-столбец от заданной динамической нагрузки.

Решением системы динамических уравнений (3) определяется вектор перемещений. Векторы деформаций и внутренних усилий вычисляются исходя из зависимостей

$$\boldsymbol{\lambda} = -\mathbf{A}^T \mathbf{V}, \quad \mathbf{S} = \mathbf{K} \boldsymbol{\lambda}, \quad (6)$$

где  $\mathbf{A}^T$  - транспонированная матрица коэффициентов системы уравнений равновесия.

## Результаты исследования

**Пример.** Исследование напряженно-деформированного состояния дисков перекрытий, состоящей из шести сборных железобетонных плит перекрытий, соединенных между собой и опирающийся на ригелях  $AC$  и  $BD$  (рис. 1). Расчетная динамическая модель представлена в виде консольной плоской задачи от мгновенного импульса, действующая в горизонтальной плоскости. На основе вышеизложенного алгоритма разработана компьютерная программа **PZ-D.6-Din** на языке **ФОРТРАН** и впервые получены результаты при различных разбиениях и физико-механических характеристиках реальных швов.

Жесткостные характеристики фиктивных швов на растяжение, изгиб и сдвиг представляются в виде

$$\begin{aligned} EF_x &= E \delta h_y, \quad EI_x = E \delta h_y^3 / 12, \quad GF_x = G \delta h_y / 1,2, \\ EF_y &= E \delta h_x, \quad EI_y = E \delta h_x^3 / 12, \quad GF_y = G \delta h_x / 1,2, \end{aligned}$$

где  $E = 3,1 \cdot 10^6$  тс/м<sup>2</sup>,  $G = E/2(1 + \mu)$ ,  $\mu = 0,3$ ,  $\delta = 0,02$  м.

Ширина реальных швов между ригелями и плит, а также между плитами принимается, равными 10% от ширины грани элемента

$$\begin{aligned} \Delta_{bp} &= 0,1 \cdot (a + b), \quad \Delta_{pp} = 0,1 \cdot (c + d), \\ a = b &= L_x / 2n_x, \quad c = d = L_y / 2n_y. \end{aligned}$$

где  $n_x, n_y$  - число конечных элементов вдоль оси  $x$  и  $y$  соответственно.

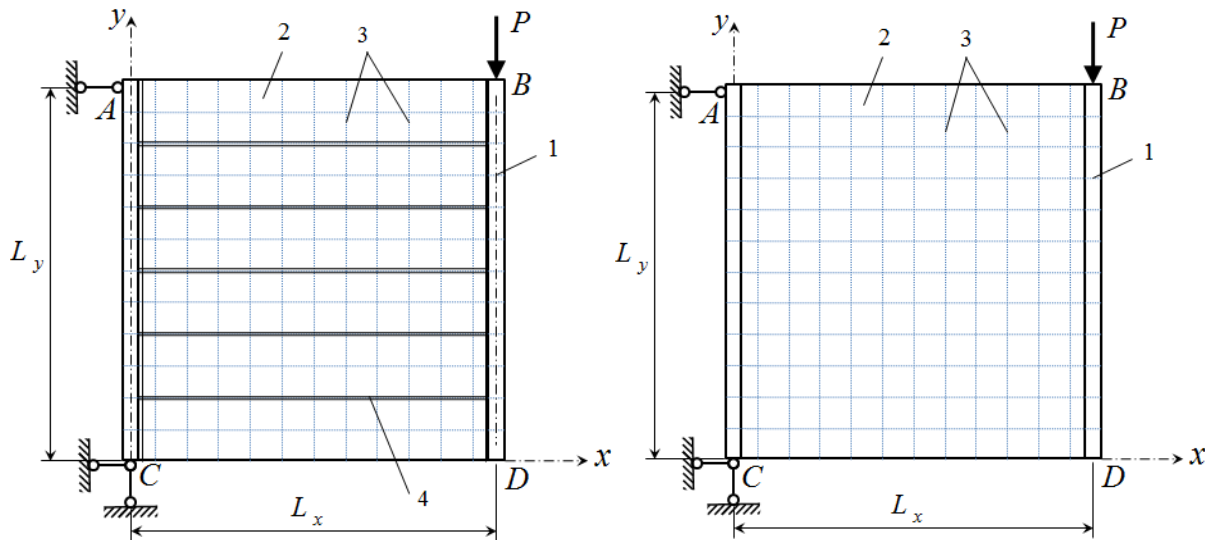
Жесткость реальных швов задается в зависимости от жесткости фиктивных связей

$$EF_{rx} = 0,1 \cdot EF_x, \quad EI_{rx} = 0,1 \cdot EI_x, \quad GF_{rx} = 0,1 \cdot GF_x,$$

Результаты получены при различных значениях шага интегрирования  $\tau = T_1 / 100$ , где  $T_1$  - основной период свободных колебаний.

### Обсуждения результатов исследования

Результаты численного решения получены при  $L_x = L_y = 6$  м,  $n_x = n_y = 24$ ,  $P = 10$  т.



а) б)  
Рисунок 1 - Расчетная модель исследуемого объекта: 1-ригель, 2- плита, 3-фиктивные связи, 4 –реальный шов.

Численные решения без учета затухания по МСД на сетке 14x14 при различных шага интегрирования по времени представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Анализ устойчивости численного решения при разбивке 14x14

Перемещение и внутренние силы		Шаг интегрирования $\tau$		
		$T_1 / 50$	$T_1 / 100$	$T_1 / 200$
1	$W, \text{ мм}$	0,334	0,454	0,453
	$Q, \text{ т}$	15,80	16,00	20,03
2	$W, \text{ мм}$	0,559	0,576	0,523
	$Q, \text{ т}$	34,74	33,33	30,64

С целью анализа сходимости численных решений осуществлен расчет диска перекрытия при шаге по времени  $\tau = T_1 / 100$ . Результаты расчета приведены в табл.2. Из табл.2 следует, что при сгущении сетки, как по времени так и по пространственным координатам результаты приближаются к точному решению.

Таблица 2 - Анализ сходимости численного решения при шаге по времени  $\tau = T_1 / 100$

Перемещение и внутренние силы		Разбивки сетки			
		12x12	14x14	16x16	18x18
1	$W$ , мм	0,558	0,568	0,571	0,582
	$Q$ , Т	30,84	31,21	38,29	32,62
	$u$ , мм	0,100	0,110	0,129	0,160
	$N$ , Т	122,3	87,21	142,5	124,6
2	$W$ , мм	0,068	0,376	0,093	0,586
	$Q$ , Т	2,217	23,30	2,052	33,94
	$u$ , мм	0,027	0,048	0,027	0,172
	$N$ , Т	10,75	52,79	66,27	137,2

В табл. 1 и 2. 1-первая строка соответствует реальным швам; 2-вторая строка соответствует отсутствию реальных швов.

На рис. 2-5 приведены графики изменения перемещений вдоль оси  $x$ ,  $y$  и внутренних сил вдоль и поперек реальных швов. Из сравнения результатов следует, что учет реальных швов приводит к увеличению перемещений.

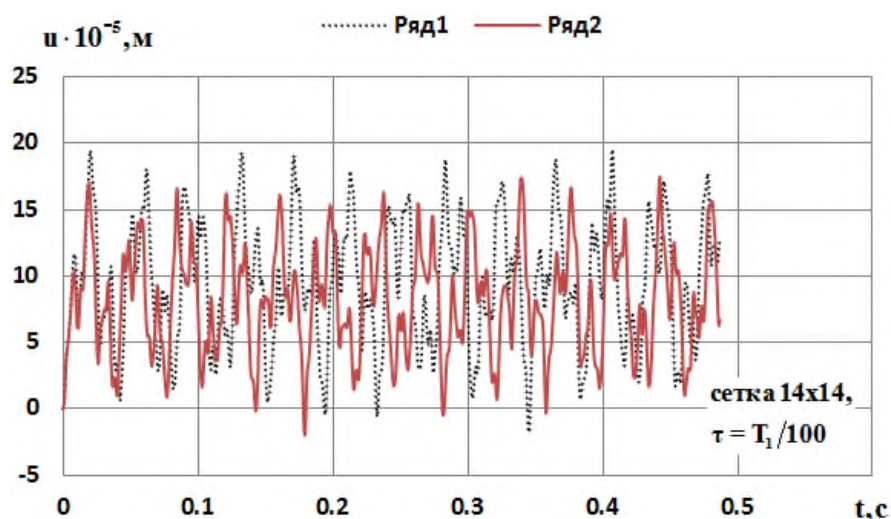


Рисунок 2 - Графики изменения горизонтальных перемещений вдоль оси  $x$  во времени: ряд1- с реальными швами, ряд2- без реальных швов

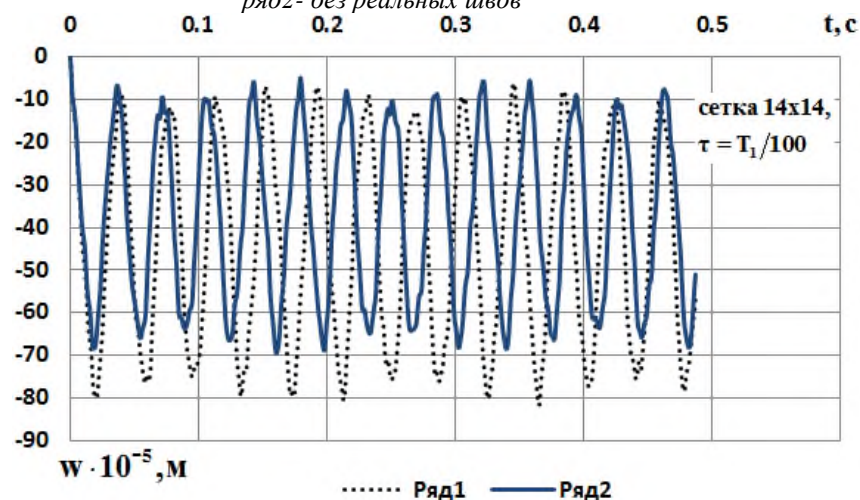


Рисунок 3 - Графики изменения перемещения горизонтальных перемещений вдоль оси  $y$  во времени: ряд1- с реальными швами, ряд2- без реальных швов

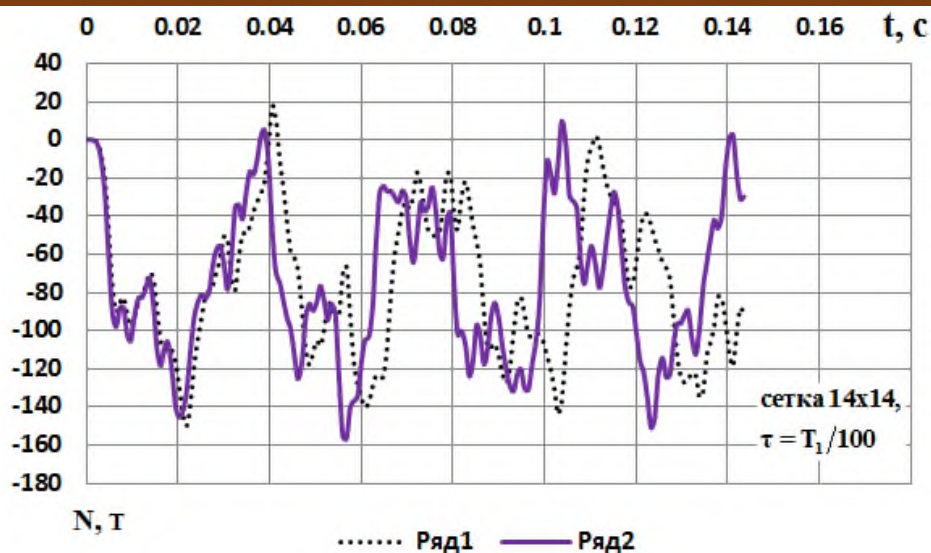


Рисунок 4 - Графики изменения силы  $N$  вдоль оси  $y$  во времени: ряд1- с реальными швами, ряд2- без реальных швов

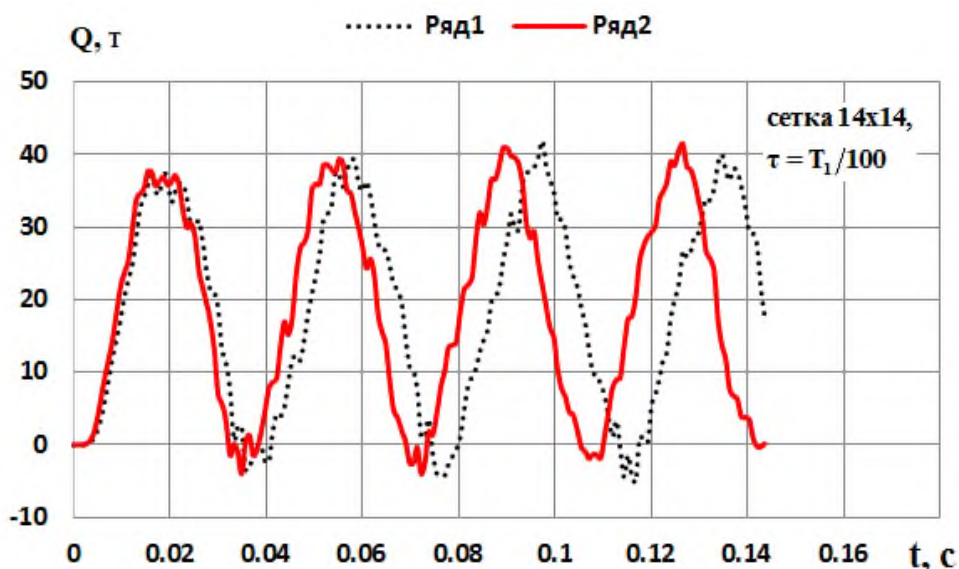


Рисунок 5 - Графики изменения сдвигающей силы  $Q$  вдоль оси  $x$  во времени: ряд1- с реальными швами, ряд2- без реальных швов

## Вывод

Разработанные алгоритмы и компьютерные программы на основе метода сосредоточенных деформаций позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние дисков перекрытий от действия динамических нагрузок.

*Рецензент: Саидов Ф.Ф. — к.т.н., и.о. доцента кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ПИПГУ имени академика М.С. Осими*

## Литература

1. Ржаницын А.Р. Расчёт сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций. Строительная механика и расчёт сооружений, 1980, №5, с. 15-20.
2. Додонов М.И. Расчёт изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций. Строительная механика и расчёт сооружений, 1986, №2, с. 22-25.
3. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций, - Душанбе: «Дониш», 2015 – 436 с.
4. Низомов Д.Н., Каландарбеков И.И., Каландарбеков И. Об учёте податливости стыковых соединений в расчётах элементов многоэтажных зданий// Научный журнал. Политехнический вестник, Серия инженерные исследования, - Душанбе, №2(54) – 2021. – С.137-142.

5. Низомов Д.Н. Метод граничных уравнений в решении статических и динамических задач строительная механика, - М.: изд-во АСВ, 2000. – 282 с.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Низомов Чаҳонгир Низомович Доктори илмҳои техники, профессор, узви вобастаи АМИТ	Низомов Джаҳонгир Низомович Доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАНТ	Nizomov Jahongir Nizomovich Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan
Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ.	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ.	Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
E-mail: <a href="mailto:tiees@mail.ru">tiees@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович Д.и.т., профессор	Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович Д.т.н., профессор	Qalandarbekov Imomyorbek Qalandarbekovich D.t.s., Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:kalandarbekov-55@mail.ru">kalandarbekov-55@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Исвалиев Далерҷон Чурахонович Унвонҷӯ	Исвалиев Далерджон Джурахонович Соискатель	Isvaliev Dalerjon Djurakhonovich applicant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академик М.С.Осими Таджикистана	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:disvaliev@mail.ru">disvaliev@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович Номзади илмҳои техники	Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович Кандидат технических наук	Qalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich Candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академик М.С.Осими Таджикистана	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:iftikhor791@mail.ru">iftikhor791@mail.ru</a>		

УДК 691.542

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА КЛИНКЕРА БЕЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ПИРОФИЛЛИТСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И КАОЛИНитОВОЙ ГЛИНЫ

А.А. Акрамов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведены способы повышения качества белого портландцемента. Для этого приготавливались смеси: микрокальцит – пирофиллит и микрокальцит – глина, с разными коэффициентами насыщения. Данные смеси термообрабатывались, охлаждались, обжигались и для снижения температурного обжига вводили оксид цинка в их состав, а для гидратационной активности добавляли гипс. Вводимая добавка оксида цинка в количестве 2,5% положительно повлияло на производство и качество белого портландцемента.

**Ключевые слова:** портландцемент, микрокальцит, пирофиллит, глина, обжиг, термообработка, оксид цинка.

### ТАДҶИҚИ ИМКОНИЯТИ СИНТЕЗИ КЛИНКЕРИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТИ САФЕД ДАР АСОСИ АШЪЁИ ХОМИ ПИРОФИЛЛИТДОР ВА ГИЛИ КАОЛИНИТ

А.А. Акрамов

Дар мақола роҳҳои баланд бардоштани сифати сементи сафеди портландцемент оварда шудааст. Барои ин омехтаҳо тайёр карда шуданд: микрокальцит – пирофиллит ва микрокальцит – гил, ки коэффициентҳои таъминоткуниашон гуногун мебошад. Ин омехтаҳо бо гармӣ обӯтоб шудаанд, хунуқонида шудаанд, сӯзониданд ва барои паст намудани ҳарорати сӯзонид ба таркиби онҳо оксиди руҳ дохил карда шудаанд, ва барои фаъолияти гидрататсионӣ гаҷ илова карда шудаанд. Илова кардани оксиди руҳ ба андозаи 2,5% ба истеҳсол ва сифати сементи сафеди портландцемент таъсири мусбат расонид.

**Калидвожаҳо:** портландцемент, микрокальцит, пирофиллит, гил, сӯзонидан, бо гаҷмӣ обӯтоб додан, оксиди руҳ.

### RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF SYNTHESIS OF WHITE PORTLAND CEMENT CLINKER BASED ON PYROPHYLLITE-CONTAINING RAW MATERIALS AND KAOLINITE CLAY

A.A. Akramov

The article provides ways to improve the quality of white Portland cement. For this purpose, mixtures were prepared: microcalcite - pyrophyllite and microcalcite - clay, with different saturation coefficients. These mixtures were heat-treated, cooled, fired, and to reduce the firing temperature, zinc oxide was introduced into their composition, and gypsum was added for hydration activity. The introduced addition of zinc oxide in an amount of 2.5% had a positive effect on the production and quality of white Portland cement.

**Keywords:** Portland cement, microcalcite, pyrophyllite, clay, firing, heat treatment, zinc oxide.

#### Введение

Чтобы снизить стоимость отделки нужно создать выразительные элементы современной архитектуры в виде ярко белого и цветного здания, окрашенного долговечным декоративным цементом. Подсчитано, что если применить декоративные цементы для отделки бетонной панели в виде покраски, но не традиционной штукатурки, то его стоимость будет намного дешевле, чем стоимость при кирпичной отделке или ковровой керамике при применении данной отделки в нынешнем масштабном строительстве Республики Таджикистан, можно сэкономить сотни миллионов сомони.

Основной проблемой при выпуске высококачественного белого портландцемента в условиях нынешней рыночной экономики является требование к ее строительно-техническим свойствам, такие как морозостойкость, водонепроницаемость, прочность и т.д., а также требования к рыночной цене и её конкурентоспособности на внутреннем и международном рынках в целом [1].

В связи с вышеизложенным можно отметить, что во многих странах растет производство и потребление белого портландцемента, о чем свидетельствуют, необходимость расширения производства и повышения качества БПЦ в Таджикистане.

В результате этого приоритетными являются работы, направленные на расширение производства и повышение качества БПЦ [2-16].

#### Материалы и методы исследования

Для проведения исследовательской работы были использованы сырьевые материалы, химический состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав, %

Компонент	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	F	R <sub>2</sub> O	ППП	Прочие	Сумма
Микрокальцит	2	0,96	0,14	3,02	0,54	0	0,3	42,11	0,93	100
Пирофиллит	79,0	15,8	0,29	0,37	0	0,059	1,54	2,58	0,361	100
Глина	78,0	16,5	0,34	0,36	0	0	1,56	3,03	0,21	100

Для решения поставленных задач были рассчитаны и приготовлены смеси: микрокальцит – пирофиллит (смесь №1); микрокальцит – глина (смесь №2). С разными коэффициентами насыщения  $KH=0,89; 0,90; 0,91; 0,92$ . данный интервал был выбран на основании работы заводов по производству белого ПЦ с низкими  $KH=0,85-0,88$  и заводов по производству ПЦ с  $KH=0,90-0,92$  таблице 2 [3].

Таблица 2 – Минералогический состав клинкера, %

Смесь №1 (микрокальцит и профилит)								
KH	n	p	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> F	C <sub>4</sub> AF	MgO	Сумма
0,89	4,16	20,85	60,11	22,36	13,92	0,79	0,70	97,88
0,90	4,14	20,81	62,38	20,19	13,90	0,79	0,70	97,96
0,91	4,12	20,73	64,61	18,05	13,84	0,79	0,70	97,99
0,92	4,12	20,58	66,77	15,93	13,74	0,79	0,70	97,93
Смесь №2 (микрокальцит и глина)								
0,89	3,96	20,14	59,73	22,22	14,47	0,85	0,70	97,97
0,90	3,95	20,07	61,98	20,06	14,42	0,85	0,70	98,01
0,91	3,94	19,96	64,16	17,92	14,34	0,85	0,70	97,97
0,92	3,94	19,82	66,34	15,32	14,23	0,85	0,70	97,94

Данные смеси термообрабатывались при одинаковом температурном режиме, при температуре 1450 °С с изотермической выдержкой в течение 30 мин. Охлаждение производилось водным путем (водное отбеливание), такое резкое охлаждение клинкера приводит к стабилизации оксидов железа, восстановленных при высокотемпературном обжиге.

После обжига спеки, измельчили в фарфоровой ступке до удельной поверхности  $380 \pm 10 \text{ м}^2/\text{кг}$ , определили коэффициент светоотражения и содержание свободного оксида кальция, таблица 3.

С целью снижения Тобж вводим оксид цинка в смесь №1 с  $KH=0,91$  и в смесь №2 с  $KH=0,92$ , при которых, достигнут максимальный коэффициент светоотражения. Обжигаем все составы смесей при одинаковом температурном режиме, при температуре 1400 °С с изотермической выдержкой в течение 30 мин.

### Обсуждение

Максимальный коэффициент светоотражения и минимальное содержание свободного оксида кальция достигли образцы: с  $KH=0,91$  в смеси №1 и с  $KH=0,92$  в смеси №2. Исходя из полученных результатов, мы увеличиваем содержание ZnO до 2,5 % в данных образцах. И проводим ряд исследований при  $T=1450$  °С с выдержкой 30 мин таблице 3.

Таблица 3 – Свойства клинкеров

Показатели/добавки	KH=0,91	KH=0,91/ 1%Zn	KH=0,91/ 2,5%Zn	KH=0,92	KH=0,92/ 1%Zn	KH=0,92/ 2,5%Zn
Смесь №1						
T=1400 °C						
KO, %	88	85	-	90	-	-
CaOсв, %	8,57	6,65	-	11,52	-	-
T=1450 °C						
KO, %	90	-	90	89	-	-
CaOсв, %	0,87	-	0,12	3,58	-	-
Смесь №2						
T=1400 °C						
KO, %	86	-	-	84,5	86	-
CaOсв, %	-	-	-	11,81	5,6	-
T=1450 °C						
KO, %	-	-	-	84	-	90
CaOсв, %	-	-	-	0,92	-	1,88



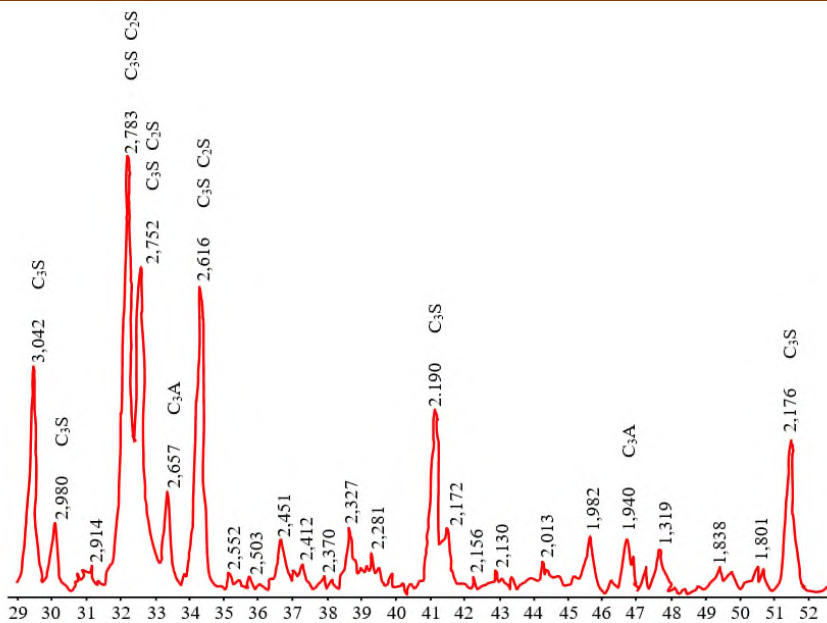


Рисунок 1 – Фазовый состав  $KH=0,91$  при  $T=1450\text{ }^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 30 мин

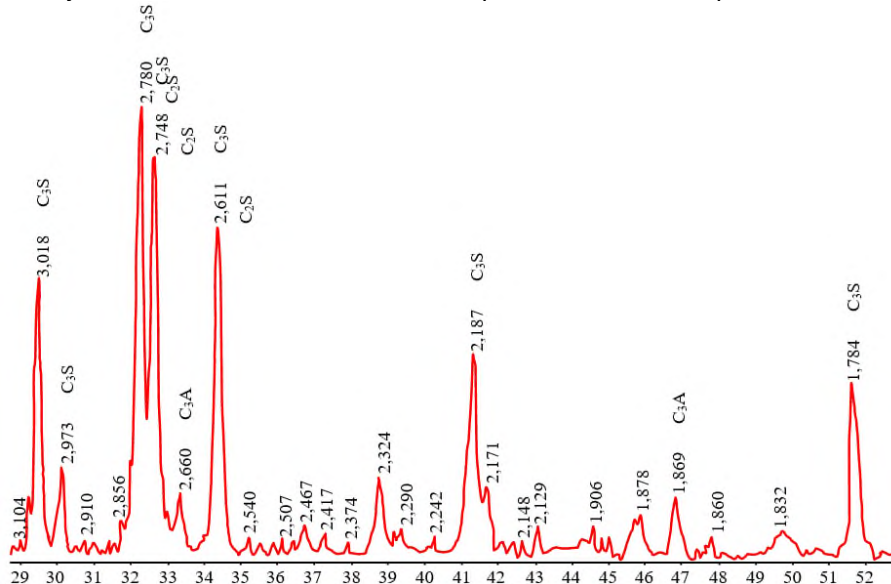


Рисунок 2 – Фазовый состав  $KH=0,91+2,5\% \text{ ZnO}$  при  $T=1450\text{ }^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 30 мин.

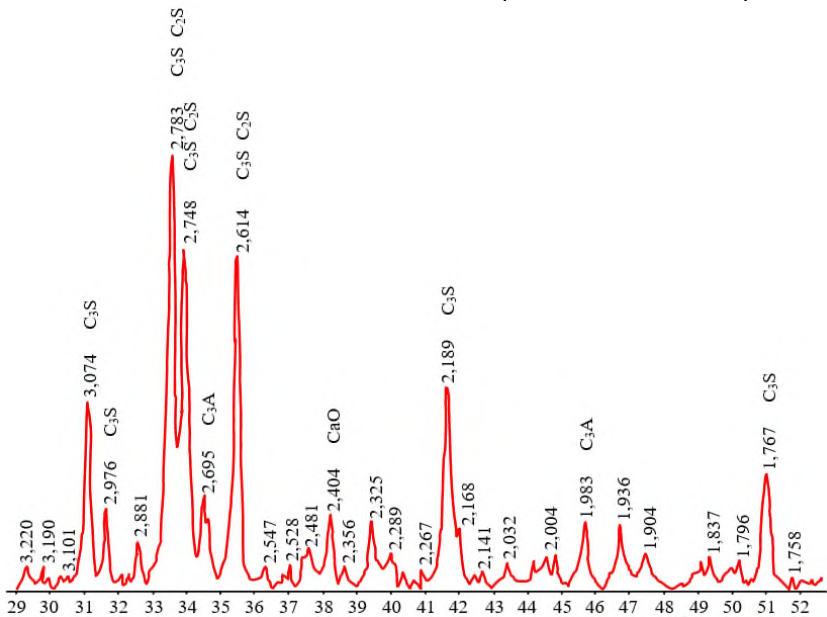


Рисунок 3 – Клинкер с  $KH=0,92$ , обработанного при температуре  $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$

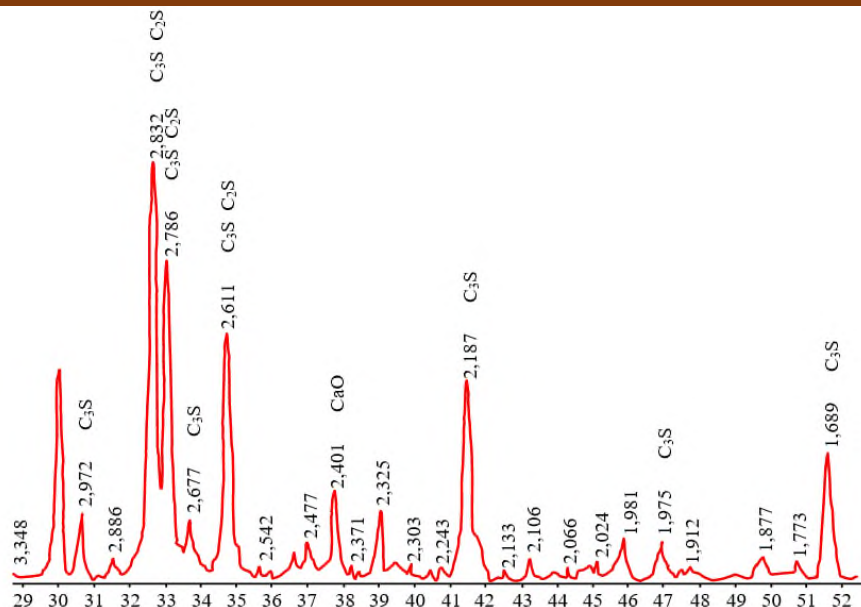


Рисунок 4 – Клинкер с  $KH=0,92$  с добавкой  $ZnO$  2,5%, обработанного при температуре  $1450^{\circ}C$

Для определения гидратационной активности, к измельченным клинкерам добавили 4% гипса и заформовали образцы-кубики размером грани 1,41см. Образцы твердели одни сутки в воздушно влажных условиях. Через сутки образцы расформовали и поместили в воду. Провели испытания в возрасте 2-х , 7-ми и 28-ми суток. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость гидратационной активности от коэффициента насыщения клинкера

Испытуемые цементы	Смесь №1			Смесь №2		
	Прочность при сжатии, Мпа, в возрасте, сут					
	2	7	28	2	7	28
$KH=0,92$ $ZnO$ 2,5%	-	-	-	32	92	7
$KH=0,92$	29	44	63	25	63	84
$KH=0,91$ $ZnO$ 2,5%	35	68	89	-	-	-
$KH=0,91$	37	65	81	18	47	8
$KH=0,90$	39	60	70	18	37	7
$KH=0,89$	48	69	75	17	46	8

## Выводы

Из полученных данных можно сделать следующий вывод, что при температуре  $T_{обж}=1400^{\circ}C$  ухудшаются показатели качества БПЦ, т.е. в смеси №1 снижается коэффициент отражения с 90% до 88%, а также увеличиваются содержание свободного оксида кальция в смеси №2 0,92% до 11,81%. Добавка  $ZnO$  в количестве 2,5% положительно влияет на производство и качество БПЦ, она снижает температуру обжига и содержание свободного оксида кальция.

По результатам гидратационной активности видно, что добавка 2,5%  $ZnO$  проявляет лучшие гидратационные свойства.

На основании проведенных исследований установлено:

В качестве сырьевых компонентов целесообразно использовать отходы других производств: отход распила мрамора, отсев щебня – пирофиллит и каолинитовую глину, так как при синтезе клинкеров образуются основные клинкерные минералы. Добавка  $ZnO$  в количестве 2,5% положительно влияет на производство и качество БПЦ, она снижает температуру обжига до  $T_{обж}=1450^{\circ}C$ , повышает коэффициент светоотражения.

*Рецензент: Умарзода У.Х. — к.т.н., первый заместитель Председателя Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан.*

## Литература

1. Белый портландцемент/ А.П. Зубехин, С.П. Голованова, П.В. Кирсанов- Ростов н/Д:Изд. ВузовСев.-Кавк.Регион , 2004.-263с.
2. Борисов, И.Н. « Энерго- и ресурсосбережение при обжиге цементного клинкера на основе комплексной интенсификации технологических процессов» // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.- Белгород, 2008.

3. В.С. Бакунов, «Пирофиллитовое сырье месторождения Куль-Юрт-Тау как основа керамических композитов» // журнал Стекло и керамика 2011.-№12.- с 23-27.
4. Борисов И.Н., Тимошенко Т.И., Поздеева К.Е.. Синтез клинкера для белого цемента на основе техногенных материалов [Электронный ресурс] / Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгород 2015.
5. Зайцева Е.А. «Исследование возможности синтеза клинкера белого портландцемента на основе пирофиллитсодержащего сырья»-[<http://elibrary.ru/item.asp?id=25571386>].
6. Шарифов А. Влияние кремнезёмсодержащего минерального наполнителя цемента на химический и фазовый составы цементного камня в бетоне. / Шарифов А., Акрамов А.А., Саидов Дж.Х., Назиров Я.Г. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 2(42), Душанбе. 2018. – С. 101–104.
7. Шарифов А. Коррозионностойкость бетона на цементе с кремнезёмсодержащим минеральным наполнителем. / Шарифов А. Акрамов А.А., Саидов Дж.Х., Назиров Я.Г. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 2(42). Душанбе. 2018. – С. 121–125.
8. Шарифов А. Низкомарочный керамзитобетон с воздухововлекающей химической добавкой. / Шарифов А., Шарипов Ф.Б., Акрамов А.А. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 3(42). Душанбе. 2018. – С. 70–74.
9. Шарифов А. Эффекты микронаполняющих минеральных добавок в бетоне. / Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(49). Душанбе. 2020. – С. 150–154.
10. Шарифов А. Эффекты суперпластификаторов в бетонной смеси. / Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(49). Душанбе. 2020. – С. 139–142
11. Шарифов А., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К., Ахмедов М.Ф. Модифицирование цемента золой угля Фан-Ягнобского месторождения для повышения прочности бетона. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(57). Душанбе. 2022. – С. 157–163.
12. Акрамов А.А. Исследование влияния ПАВ на размалываемость клинкера и качество цемента. / Акрамов А.А., Абдуганиев А.М. Ашуров И.Ш. // Материалы международной научно-практической конференции «Архитектура и градостроительство Таджикистана вчера, сегодня и завтра». Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. – Часть вторая. –Душанбе. 2022. – С.162-165.
13. Акрамов А.А. Влияние вида и количества добавок на фазообразование при обжиге клинкера белого цемента на основе техногенных отходов / Акрамов А.А., Абдуганиев А.М. Ашуров И.Ш. // Материалы международной научно-практической конференции «Архитектура и градостроительство Таджикистана вчера, сегодня и завтра». Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. – Часть вторая. –Душанбе. 2022. – С.169-172.
14. Акрамов А.А. Влияние минеральных добавок на свойства цемента. / Акрамов А.А. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(65). Душанбе. 2024. – С. 155-158.
15. Акрамов А.А. Влияние природных и техногенных материалов для получения сульфферритного клинкера. / Акрамов А.А., Ашуров И.Ш., Муминов И.С., Саидов Р.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(65). Душанбе. 2024. – С. 195-199.
16. Абдуганиев А.М. Зависимость процесса минералообразования в портландцементной сырьевой смеси от влияния оксида натрия. / Абдуганиев А.М., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования 1(65). Душанбе. 2024. – С. 255-260.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR**

TJ	RU	EN
Акрамов Авазҷон Абдуллоевич	Акрамов Авазжон Абдуллоевич	Akramov Avazjon Abdulloevich
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of technical sciences, assistant professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ кафедраи “Соҳтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Промышленное и гражданское строительство”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Industrial and Civil Engineering
E-mail: <a href="mailto:akramov.avaz@mail.ru">akramov.avaz@mail.ru</a>		

**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ**

Приложение 1  
к Положению о научном журнале  
"Политехнический вестник"

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей в журнал "Политехнический вестник"**

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.
2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:
  - статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
  - статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
  - статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).
3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.
4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD<sup>1</sup> на таджикском, английском или русском языке:

<b>ВВЕДЕНИЕ (Introduction)</b>	Почему проведено исследование? Что было исследовано, или цель исследования, какие гипотезы проверены? Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.
<b>МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (MATERIALS AND METHODS)</b>	Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку? Детально описывают методы и схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи. Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)</b>	Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза? Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).
<b>ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)</b>	Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для будущих исследований? Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: соответствие полученных результатов гипотезе исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)</b>	Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)</b>	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. п.3).
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)</b>	оформляется в конце статьи в следующем виде:

<sup>1</sup> Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.

TJ

RU

EN

Ному насаб, ФИО, Name

Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность,

Title<sup>2</sup>

Ташкилот, Организация, Organization

e-mail

ORCID<sup>3</sup> Id

Телефон

<b>КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ</b> (CONFLICT OF INTEREST)	<p>Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой.</p> <p>Пример:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конфликт интересов: Автор Х.Х.Х. Владеет акциями Компании Y, которая упомянута в статье. Автор Y.Y.Y. – член комитета XXXX.</li> <li>2. Если конфликта интересов нет, авторы должны заявить: Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.</li> </ol> <p>Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи</p>
<b>ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ</b> (AUTHOR CONTRIBUTIONS).	<p>Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно).</p> <p>Пример данного раздела:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретическое исследование. Авторы A1 и A6 участвовали в обработке данных. Авторы A1, A2 и A5 участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.</li> <li>2. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации</li> </ol>
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНО (по желанию автора)</b>	
<b>БЛАГОДАРНОСТИ</b> (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)	<p>Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.</p>
<b>ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ</b> (FUNDING)	<p>Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.</p>
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> (ADDITIONAL INFORMATION)	<p>В этом разделе могут быть помещены:</p> <p>Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них.</p> <p>Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе).</p> <p>Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладах на конференциях и семинарах.</p>

## 5. Требования к оформлению статей

<sup>2</sup> Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

<sup>3</sup> ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов. [www.orcid.org](http://www.orcid.org).

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисуючную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисуючные подписи должны быть по возможности лаконичными, а также точно отражающими смысл содержания таблиц и рисунков. Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуючном текстах. Все надписи на рисунках (наименования осей, цифры на осях, значки точек и комментарии к ним и проч.) должны быть выполнены достаточно крупно, одинаковым шрифтом, чтобы они легко читались при воспроизведении на печати. Наименования осей, единицы измерения физических величин и прочие надписи должны быть выполнены на русском языке. Не допускается наличие рамок вокруг и внутри графиков и диаграмм. Каждый график, диаграмма или схема вставляется в текст как объект MS Excel.

Рукопись должна быть построена следующим образом:

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
--------	---------------------	--------------

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Индекс УДК <sup>4</sup>	<b>УДК 62.214.4; 621.791.05</b>	в верхнем левом углу полужирными буквами
Заголовок	<b>НАЗВАНИЕ СТАТЬИ</b> (должен быть информативным и, по возможности, кратким) (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Авторы	<b>Инициалы и фамилии авторов</b> (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Организация	<b>Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими</b>	В центре полужирными буквами
Реферат (аннотация)	Должен быть информативным и на языке оригинала статьи (таджикском, русском и английском), содержать 800-1200 печатных знаков (120-200 слов). Структура реферата: Введение. Материалы и методы исследования. Результаты исследования. Заключение.	Выровнять по ширине
Ключевые слова	5-6, разделены между собой « , ». (на языке оригинала статьи) Пример: энергосбережение, производство корунда, глинозем, энергопотребление, оптимизация	Выровнять по ширине
На двух других языках приводится: Заголовок Авторы Организация Реферат (аннотация)	перевод названия статьи, авторов <sup>5</sup> , организации <sup>6</sup> , заголовки и реферат <sup>7</sup> и ключевые слова <sup>8</sup> на двух других языках	
Статья согласно структуры	Согласно требованиям пункта 4 требования и условия предоставления статей в журнал "Политехнический вестник"	Выровнять по ширине

К статье прилагается (см. <http://vp-es.ttu.tj/>):

1. Сопроводительное письмо (приложение 1А).
2. Авторское заявление (приложение 1Б).
3. Лицензионный договор (приложение 1В).
4. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати (приложение 1Г).
5. Рецензия (приложение 1Д).

<sup>4</sup> Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всем мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.90—2007. Пример: <https://www.teacode.com/online/udc/>

<sup>5</sup> В английском переводе фамилии авторов статей представляются согласно системе транслитерации BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

<sup>6</sup> Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

<sup>7</sup> Необходимо использовать правила написания организаций на английском языке: все значимые слова (кроме артиклей и предлогов) должны начинаться с прописной буквы. Совершенно не допускается написание одних смысловых слов с прописной буквы, других — со строчной.

<sup>8</sup> В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводимый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Мухаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Мухаррири матни англисӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	М.А. Иззатуллоев

Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Редактор английского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	М.А. Иззатуллоев

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10<sup>А</sup>

Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10<sup>А</sup>

Ба чоп 25.06.2024 имзо шуд. Ба матбаа 28.06.2024 супорида шуд.

Чопи офсетӣ. Қоғози офсет. Андозаи 60x84 1/8

Адади нашр 50 нусха.

Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

ш. Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10<sup>А</sup>